

TESIS DOCTORAL

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS SOCIALES
Y EXPERIMENTALES

EL PARADIGMA DE LA FÍSICA MODERNA
EN EL CURRÍCULO DE BACHILLERATO

M^a SOLEDAD LÓPEZ CASADO

2004

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS SOCIALES
Y EXPERIMENTALES

TESIS DOCTORAL:

“El Paradigma de la Física Moderna en el Currículo de Bachillerato”

Memoria que para aspirar al grado de Doctor en Ciencias (Didáctica de las Ciencias Experimentales) presenta: M^ª Soledad López Casado

DIRECTOR DE LA TESIS:

Mariano Merino de la Fuente

Valladolid, Junio de 2004

PRÓLOGO

Es éste un trabajo que se dedica al análisis pormenorizado de la enseñanza de la Física Moderna en el Bachillerato.

Así, primero saca a la luz el estado del problema a base de supervisar las más variadas fuentes y documentos. También propone un enfoque didáctico. Su desarrollo en el aula con las particulares variables pedagógicas, se constituye en investigación, la cual, instruída por las técnicas cualitativas de los métodos etnográficos, va a servir para poner de relieve el devenir instruccional.

EL PARADIGMA DE LA FÍSICA MODERNA EN EL CURRÍCULO DE FÍSICA DE BACHILLERATO

Esquema/Sumario

0.	INTRODUCCIÓN	4
1.	PLANTEAMIENTO DEL POBLEMA	7
1.1.	EN QUÉ MEDIDA EL TEMA Y FIN DE LA INVESTIGACIÓN REFLEJAN ASPECTOS O CUESTIONES IMPORTANTES	9
1.1.1.	Fundamentación teórica. El Currículo de Física español. Legislación sobre la Física	9
1.1.2.	El análisis de las más recientes propuestas	13
1.2.	LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA HOY	19
1.2.1.	Los distintos enfoques para el currículo de la Física	19
1.2.2.	Descenso de interés de los alumnos del nivel de Secundaria por la Física	23
1.2.3.	Temporización escasa	28
1.2.4.	Dificultades intrínsecas. La complejidad del Paradigma	29
1.2.5.	El currículo no se corresponde con el Paradigma	37
1.3.	CÓMO LO ARTICULAN LOS DISTINTOS FOROS	42
1.3.1.	Los investigadores	42
1.3.2.	Cómo lo articulan los responsables políticos	42
2.	TEORÍA Y ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN	45
2.1.	CUESTIONES EN EL ESTABLECIMIENTO DE LOS FINES DE LA INVESTIGACIÓN	45
2.1.1.	Introducción	45
2.1.2.	La enseñanza de una Física unificada	45
2.1.3.	El problema de la didáctica de la Física unificada. Acciones a emprender	49
2.2.	PLANTEAMIENTO DE LAS PROPUESTAS DE TRABAJO	51
2.2.1.	Enunciado de las propuestas	51
2.2.2.	Fundamentos y contrastación de la primera propuesta	53
2.2.3.	Las actividades del desarrollo y validación de la proposición segunda. (Materiales didácticos bajo un enfoque nuevo)	56
2.2.4.	Resumen de cómo los principios y declaraciones sobre el paradigma moderno de la Física informan nuestra investigación. (La que se sigue en el análisis a la tercera)	61

3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN. LOS FUNDAMENTOS DE LOS JUICIOS DE LA PROPOSICION TERCERA	62
3.1.	METODOLOGÍA	62
3.1.1.	El diseño etnográfico: su papel y relevancia en la investigación presente	63
3.1.2.	Estrategia de recogida de datos	67
3.1.3.	Registro de los datos	70
3.1.4.	La elección de la población: selección y muestreo	72
3.2.	EN TORNO AL DISEÑO. CONCRECION DEL MISMO	74
3.2.1.	Características de la población de la investigación presente	74
3.2.2.	El efecto escenario en la futura validez de los constructos	74
3.2.3.	La utilidad de los datos	79
3.2.4.	La situación de comienzo del desarrollo de la investigación	81
3.3.	LOS PROCEDIMIENTOS EN LA ORGANIZACIÓN. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	83
3.3.1.	Introducción. Cuadros de actividades	83
3.3.2.	Técnicas conceptuales del análisis (primera fase)	85
3.3.3.	Los elementos de la diagramación	90
4.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LOS RESULTADOS	92
4.1.	LOS FOCOS DE ATENCIÓN DEL ANÁLISIS TIPOLOGICO	92
4.1.1.	Sistema de categorías y subcategorías. Unidades analíticas que les caracterizan	92
4.1.2.	Ejemplos de utilización. (Cuadro: resumen)	101
4.2.	LOS DATOS	115
4.2.1.	Características de los datos	115
4.2.2.	Ambiente patrón (grabaciones desde el día 6 de noviembre)	116
4.2.3.	Ambiente problema (desde el día 20 de noviembre)	117
4.2.4.	Los datos en el cálculo de frecuencias	117
4.3.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS (SEGUNDA FASE Y COMIENZO DE LA TERCERA)	121
4.3.1.	Introducción	121
4.3.2.	Análisis cuantitativo (grabaciones)	123
4.3.3.	Análisis cualitativo (grabaciones)	161
4.3.4.	Análisis de muestras diversas (escritas)	191
4.3.4.1.	La muestra que constituye la Prueba Inicial de conocimientos	191
4.3.4.2.	Prueba de evaluación. Análisis particular de los contenidos con cambios conceptuales	200

5.	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN: INTEGRACIÓN E INTERPRETACIÓN (FASE 3ª)	224
5.1.	INTRODUCCIÓN	224
5.2.	LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN PRESENTE	225
5.2.1.	La relación entre los resultados y el planteamiento	227
5.2.1.1.	Fertilidad del enfoque	228
5.2.1.2.	Relación causal con las variables de la epistemología	231
5.2.2.	El contraste con otros planteamientos (las nuevas vías de investigación)	235
5.2.2.1.	En el ámbito de la metodología	235
5.2.2.2.	En el ámbito de lo pedagógico	243
5.3.	RESUMEN Y CONCLUSIÓN FINAL	245
5.3.1.	Resumen de aquellos constructos encontrados. Hipótesis que emergen	245
5.3.2.	Sobre la verdad o falsedad de los fenómenos detectados	248
5.3.3.	Conclusión	250
6.	ANEXOS	252
I.	Distintos enfoques del Currículo de Física	252
II.	Análisis de materiales	262
III.	Acciones llevadas a cabo. Proceso de creación de materiales	296
IV.	Los materiales curriculares. De primer nivel o generales. De segundo nivel o específicos: Unidades Didácticas de Física Moderna. «Introducción al Modelo de la Relatividad del Paradigma actual»	311
V.	Los datos brutos del proceso en investigación	397
VI.	Evaluación del proceso de investigación	480
7.	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ESPECÍFICAS DE APOYO A LA PEDAGOGÍA	491

0. INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene su origen en los procesos educacionales, y en las motivaciones filosóficas que éstos suscitan. Llevando a emprender tareas de innovación, y si es posible el descubrimiento de verdades de las que derivar principios de comprensión, paso previo a una toma de decisiones metodológicas. Decisiones que con mayor poder de resolución se adecúen a resolver los asuntos objeto de estudio, ahora específicos del área de las ciencias del conocimiento.

La inquietud que ahora guía este trabajo, surge de apreciar en los programas y materiales de enseñanza de Física (fundamentalmente los de Bachillerato), una falta de énfasis, y cierta escasez de estructura para integrar convenientemente los contenidos más actuales de la misma.

De esta hipótesis primera, que presume es éste un comportamiento negativo para su instrucción, derivan los primeros bocetos con propuestas. Paralelamente se observa una actitud similar por los profesionales de diversos sectores.

La administración muestra su inquietud por estos temas, lo que se recoge bajo currículos como los de 1992, o la propuesta de 2001. En ellos los contenidos más actuales de la Física, los que se acogen a denominaciones como «Física Moderna», adquieren en teoría mayor relieve frente a los anteriores. Por ejemplo se les asigna una atención particular en contenido ocupando más porcentaje en el total, reduciéndose en cambio otros asuntos como los destinados a resolver la complejidad. Sin embargo, estos proyectos no acentúan claramente que dicha adecuación pasa por una estructura bajo un plan general significativo. Contrariamente, los citados contenidos se suelen mencionar como casos «añadidos» o espectaculares, en una Física que parece afín al Paradigma Clásico, relegando el actual (Relativista y Cuántico) al final del temario. Estos temas sin una ubicación bajo el conjunto de intereses generales a la Física, se reducen así a ser más bien tratados bajo los recursos del aprendizaje memorístico; situación que luego se describe como problemática.

Así, lo que comienza con una creación de materiales afines a un enfoque determinado, y alguna experiencia sobre su incursión en las clases (anexos), se va convirtiendo en una investigación en el campo de la didáctica, ya que inevitablemente el proceso conduce a una actitud crítica sobre lo que se hace. Sería poco realista pensar que se pueda mostrar simplemente, sin un análisis profundo, que unas Unidades Didácticas son mejores que otras, y que los alumnos «aprenden más y mejor», cualquier Unidad Didáctica tiene ese fin. **Lo que ahora se perfila y es objeto de investigación, es poner de manifiesto qué actitudes y dependencias se generan o entran en juego, cuando el proceso de enseñanza y aprendizaje se formula bajo determinados tipos en los recursos, o bajo un enfoque particular.**

Luego, se podrán extraer conclusiones de los resultados que surjan al prestar atención por ejemplo, a ciertas señales o constructos que en el proceso salgan a la luz; parece ahora

importante mostrar las relaciones entre ciertas variables que van a tener que ver en este caso: unas con las características particulares de una opción epistemológica y ontológica en los asuntos que preocupan, y otras, las variables emergentes, del impacto de las anteriores en el proceso cognitivo y actitudinal de los alumnos.

«La investigación educativa, o didáctica, o pedagógica, es una parte de las ciencias del comportamiento con la finalidad de comprender, explicar, predecir y, en cierta medida, controlar la conducta humana (Hayman, 1979). Además de que la investigación educativa posea características propias de la metodología científica en el sentido procesual sistemático, formal y teórico, su objetivo final es proporcionar el conocimiento apropiado para mejorar la calidad y eficacia de las actividades teórico-prácticas de la educación» (Rosado L., 1995, p. 1).

Los tipos de investigación en didáctica de las ciencias se pueden dividir en tres: teórica o básica o filosófica, empírica o experimental, y aplicada.

La *teórica* está destinada a ampliar los conocimientos sobre la didáctica de las ciencias sin una aplicación inmediata. Arranca de modelos teóricos establecidos en las ciencias sociales y de la conducta, y busca relaciones de carácter universal.

La *experimental* o empírica trabaja con colecciones de datos sobre el alumnado, el profesorado y los centros docentes, etc., y emplea metodologías adecuadas y técnicas de análisis con el fin de estudiar el grado de validez de las hipótesis que se hayan sometido a estudio y en general el descubrimiento de relaciones entre variables causa-efecto con la ayuda de una teoría o modelo.

La investigación *aplicada* que, en general, es una investigación empírica como la que se acaba de describir, suele tener «la finalidad de contribuir a la creación de métodos y materiales didácticos con uso directo en las escuelas y clases..., que sólo se diferencia de la actividad innovadora como tal por el rigor con que controla las distintas variables y evalúa las innovaciones» (MEC, 1989).

La investigación desarrollada en esta Tesis Doctoral, presenta mayor afinidad con las dos últimas clases señaladas.

Ahora, ¿cuáles van a ser las etapas reales de las mismas?

Ciertamente, la investigación educativa es compleja y se aleja del modelo secuencial sencillo. De hecho consiste en un ir y venir en la ejecución de las etapas del proyecto hacia adelante y hacia atrás, por las nuevas aportaciones, la reformulación de objetivos, hipótesis, los cambios de metodología si se presume ha sido insuficiente o poco esclarecedora, etc.

El plan de trabajo general, se va perfilando en torno a lo que debe constituir la estructura genérica de una investigación educativa, que debe contener:

- «1. Planteamientos del problema
 - a. Relevancia
 - b. Carácter innovador
 - c. Estado de la cuestión
2. Formulación de objetivos generales
3. Formulación de hipótesis de trabajo
4. Metodología de recogida de datos
 - a. Definición operativa de las variables
 - b. Instrumentos de medición
 - c. Poblaciones y muestras de sujetos
 - d. Diseño experimental
 - e. Procedimiento
 - f. Controles (supuestos y limitaciones)
5. Resultados
6. Técnicas de análisis de datos
7. Temporización
8. Presupuesto
9. Referencias bibliográficas» (Rosado L., 1995)

Y bajo cuyas directrices se inicia el proceso.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

INTRODUCCIÓN

¿Se está optimizando el marco de la legislación sobre el Currículo de Física de la Enseñanza Secundaria, a la hora de desarrollar recursos didácticos?

Se han hecho intentos para enseñar de forma adecuada una Física coherente y actualizada, pero hoy por hoy no se ha conseguido a satisfacción. No se logran conceptos claros y aprendizaje significativo de los mismos.

«El panorama expuesto se agrava por la proliferación de asignaturas de contenido excesivamente divulgativo, en detrimento de una enseñanza científica básica de calidad que sería la clave para interpretar el fundamento de la ciencia y de la tecnología.

De las comparecencias realizadas se deduce la necesidad de abordar reformas en la estructura, contenidos y carga lectiva de las materias científicas en la Enseñanza Secundaria y Bachillerato, y particularmente en las opciones propiamente científicas» (Ponencia en el Senado sobre la situación de la Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria, 2002).

Se señala la necesidad de disponer de recursos adecuados:

«Para llevar a término este proyecto, el profesorado debe disponer de materiales y recursos necesarios para el desarrollo del trabajo en el aula... Por esta razón es conveniente conocer las investigaciones didácticas, así como las aportaciones que desde los campos de la psicología y de la epistemología se vienen realizando» (Hernández J. y Solbes J., 1992).

Y la realidad que se aprecia es que, de hecho los materiales didácticos no se aprecian debidamente contruidos, e informados...:

«El problema en Secundaria no es la denominación de la Física Moderna o su inclusión o no en los programas oficiales (estaba en los de COU y está en los de Bachillerato LOGSE), sino el poco tiempo que se le dedica en la enseñanza y **los errores que se cometen al enseñarla...**

Por último, señalar que no hay tiempo para la Física Moderna, ¿y por qué? Porque se dedica mucho tiempo a problemas de dos cuerpos unidos por un hilo que pasa por una polea (sin inercia) en todas las disposiciones posibles, a sistemas de cargas en configuraciones triangulares, cuadradas, etc., y otras casuísticas. Esta situación ya fue denunciada por Feynmann (1987) hace más de un cuarto de siglo y continúa siendo vigente» (Solbes J., 1996).

Las reflexiones y críticas a la situación actual son constantes:

«...Hay que ser conscientes que este desarrollo es sinuoso, lleno de recovecos, y que la metodología científica de conocimiento es ajena a un *único camino* de avance y consolidación...

...Ha venido planteándose, creemos que con demasiada frecuencia, que la única solución es un planteamiento estrictamente psicopedagógico, con una insistencia machacona en la *ciencia de los alumnos* o *preconceptos* y en el *diálogo socrático* alumno-profesor como método de avance de conocimiento...» (Herrán C. y Alonso A., 2002).

O se señala lo poco significativa que resulta la utilización de los instrumentos matemáticos, cuyo exceso puede ir en detrimento de otros asuntos como los que atienden lo más conceptual.

«...Los conceptos físicos, la red que los *muscula* y la interrelación matemática entre ellos que los vertebran, no se comprenden fácilmente y, lo más importante, su *interiorización operativa* capaz de aplicarlos para resolver diferentes problemas no viene garantizada automáticamente por el conocimiento de aquellos conceptos, ni siquiera por el del correspondiente aparato matemático, tal como se constata diariamente en las aulas y laboratorios» (Herrán C. y Alonso A., 2002).

Se pormenoriza en las causas:

«Hemos asistido al efecto pendular de los métodos en didáctica de la Física pero sinceramente, creo que la solución está más en los contenidos que en los procedimientos. No cabe duda de que los métodos ayudan y hace más atractiva una ciencia árida, pero esta aridez proviene del qué enseñamos y no del cómo» (Gutiérrez J., 1997).

Y la impresión que en general se tiene, es que de momento la enseñanza de la Física no discurre de la mejor manera, en cuanto a proporcionar la significación deseable; conjetura de la que emerge el presente trabajo. Su primera hipótesis especulará sobre las posibles fuentes de conflicto.

La segunda luego, se interna en aquellos elementos que se consideran son causales en la situación, dando lugar a alternativas a adoptar; como pueda ser el desarrollo de una propuesta curricular, con un enfoque diferente a los habituales; y en cuyo análisis, se centra luego la investigación. La constatación de hechos y las explicaciones que especulativamente se haga de los mismos, serán la fuente de nuevas conjeturas (hipótesis) y datos sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje en general, y particularmente de los que implican cambios conceptuales que ahora representan en mayor manera el origen del problema presente.

1.1. EN QUÉ MEDIDA EL TEMA Y FIN DE LA INVESTIGACIÓN REFLEJAN ASPECTOS O CUESTIONES IMPORTANTES

1.1.1. Fundamentación teórica. El Currículo de Física español. Legislación sobre la asignatura de Física

Gran parte de este trabajo se desarrolla bajo la Ley Orgánica del Sistema Educativo, la cual argumenta, por un lado el concepto de currículo que le informa, por otro el nivel educacional para el que el proyecto se aprecia oportuno (2º curso de Bachillerato principalmente).

No obstante la propuesta y ensayo que aquí se hace, conviene a la enseñanza de la Física en general, y es aplicable bajo cualquier sistema educativo con objetivos semejantes, y en similar nivel.

Así, en torno al tema que importa, se analiza luego la más reciente propuesta: LOCE.

El artículo 4 de la Ley Orgánica General del Sistema Educativo (LOGSE) dice que *se entiende por currículo el conjunto de objetivos, contenidos, métodos pedagógicos y criterios de evaluación de cada uno de los niveles, etapas, ciclos, grados y modalidades del Sistema Educativo que regulan la práctica docente.*

Sin embargo, la noción de currículo no se identifica con un mero programa o plan de estudios, con unos contenidos intelectuales, «sino que engloba todas las posibilidades de lograr esos objetivos, los métodos de evaluación de los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como la capacidad de desarrollar experiencias educativas en el ámbito escolar» (R.D. 1.006/1991).

«La primera función del currículo, su razón de ser, es la de explicitar este proyecto educativo, en particular las intenciones que persigue y el plan previsto para alcanzarlas (Coll, 1988: 26).

El currículo intenta unir dos grandes campos: las intenciones para la escuela y la realidad de las escuelas. Stenhouse (1984: 27) escribe, refiriéndose al currículo:

Por una parte es considerado como una intención, un plan... Por otra parte, se le conceptúa como el estado de cosas existentes» (Bueno y Rosado, 1995).

La opción de «currículo abierto»: que contempla unos mínimos descriptivos de cada una de las etapas, deja un margen de flexibilidad para el desarrollo curricular que corresponde a los profesores.

Las funciones de un currículo, como hemos visto son dos: explicitar las intenciones educativas y servir de guía para la praxis: contestando a las cuestiones generales sobre *el qué, cuándo, cómo enseñar y evaluar.*

Ahora, el primer paso en el diseño curricular es dónde buscar información necesaria para precisar las intenciones. Existen tres posturas:

- Progresista: destaca la importancia de estudiar en el alumno, sus intereses, propósitos y necesidades.
- Esencialista: acentúa la necesidad del análisis de la estructura interna de los contenidos.
- Sociológica: priman como fuentes de información el análisis de la sociedad, sus problemas, necesidades, valores y características...

Las tres fuentes «aportan información necesaria pero ninguna de ellas es suficiente por sí sola. Es necesario contar con la información que ofrece el análisis sociológico, el análisis disciplinar, el análisis psicológico y el análisis pedagógico o didáctico», en cuanto a la formalización. (Más datos en el Anexo III).

Los proyectos educativos y niveles de concreción

«El primer nivel de concreción es el DISEÑO CURRICULAR BASE (DCB) y en cada etapa es el currículo de etapa.

Las Comunidades Autónomas con competencias educativas son las que se encargan de establecerlo. Se centra en responder a *qué enseñar*, se explicitan las finalidades del Sistema Educativo, los objetivos generales de cada una de las etapas, las áreas que las integran, los objetivos y contenidos generales para cada una de ellas, así como los criterios de evaluación y orientaciones didácticas.

El segundo nivel de concreción es el PROYECTO CURRICULAR DE CENTRO (PCC) o de ETAPA (PCE). Este es elaborado por el equipo de docentes del centro escolar, que tiene la misión de contextualizar y pormenorizar los objetivos y contenidos que el DCB propone, así como los medios para alcanzarlos, según su realidad.

El tercer nivel de concreción son las PROGRAMACIONES DE AULA. Los acuerdos que se toman en el centro relativos a los objetivos de ciclo se desarrollan posteriormente en las programaciones que los profesores deben realizar. En las programaciones no se establece una secuencia ordenada de las unidades didácticas que se vayan a trabajar durante el ciclo. Estas pueden referirse a una o varias áreas» (Blanco, 1993e: 1-2-3).

El presente trabajo, como proyecto educativo, trata de atender cuestiones que tienen que ver fundamentalmente con el tercero de los niveles.

En este Sistema Educativo, los ciclos se extienden dos años cada uno. Las razones en favor de la división de la etapa en estos dos ciclos tiene que ver con la evolución y el desarrollo psicológico del adolescente, y la organización pedagógica de la etapa.

* *Enseñanza Secundaria Obligatoria (E.S.O.):*

- Primer ciclo (12-14 años).
- Segundo ciclo (14-16 años).

* *Bachillerato:*

El Bachillerato comprende dos cursos académicos. Tiene modalidades diferentes que permiten una preparación especializada de los alumnos para su incorporación a estudios superiores o a la vida activa.

Según el art. 27 de la LOGSE: «1. El Bachillerato se organiza en materias comunes, materias propias de cada modalidad y materias optativas. 2. Las materias comunes del Bachillerato contribuirán a la formación general del alumnado».

Los contenidos. Según el art. 4.1. de la LOGSE, junto a los objetivos y orientaciones didácticas aparecen contenidos en el mismo nivel de importancia: bloques de contenidos de cada área.

Los contenidos que establece el DCB se pueden clasificar en tres grandes categorías:

«a) Contenidos conceptuales:

- Hechos: se refieren a hechos, datos, objetos, sucesos, situaciones y símbolos.
- Conceptos: es una idea formada en el entendimiento a partir de la percepción de rasgos comunes de un conjunto de seres, hechos o símbolos.
- Principios, leyes y teorías: un principio es un enunciado que describe la relación causa-efecto u otra relación.

b) Contenidos procedimentales: los procedimientos son contenidos educativos que se refieren a un conjunto de acciones ordenadas y orientadas a la consecución de una meta; es decir, al hacer. El procedimiento es siempre un contenido educativo del aprendizaje del alumno.

c) Contenidos actitudinales: los que hacen referencia a la incidencia transformadora que se verifica en el desarrollo de las capacidades» (Bueno y Rosado, 1995).

En relación a los de Física:

«En el 1^{er} Curso se trabajan conocimientos más básicos e integrados de Mecánica y Electricidad y algunos de los principios unificadores de la Física (Real Decreto 1.179/1992, de 2 de octubre, por el que se establece el Currículo de Bachillerato)» (Calvo y Seguí, 1996).

«La Física de 2^o Curso del nuevo Bachillerato en general se estructura en tres grandes bloques temáticos: Mecánica, Electromagnetismo y Física Moderna».

Se destaca que en la nueva propuesta ministerial de 2001 (BOE de 16 de Enero) se mantiene dicha estructura.

La mayor novedad en los contenidos de Física en estas propuestas más recientes aparece en el bloque temático Física Moderna; entendiéndose por tal la Física Relativista, la Física Cuántica y la Física Nuclear y de partículas.

El propio currículo oficial justifica este bloque temático al referirse a la necesidad de un nuevo paradigma ante la imposibilidad de explicación de ciertos fenómenos por parte de la Física Clásica.

Lo que se especifica según Real Decreto 1.179/1992, de 2 de octubre (B.O.E. de 21 de octubre) y que, en lo que se refiere a los contenidos del currículo de 2º de Bachillerato, incluye como 7º bloque:

Introducción a la Física Moderna

- Fenómenos que no se explican con la Física Clásica. Postulados de la Relatividad Especial.
- El efecto fotoeléctrico y los espectros discontinuos: insuficiencia de la Física Clásica para explicarlos.
- Teoría de Plank. Hipótesis de De Broglie. Comportamiento cuántico de las partículas (fotones, electrones, etc.). Relaciones de indeterminación. Desarrollo científico y tecnológico que supuso la Física Moderna.
- Aplicaciones de la Física Moderna: Física Nuclear. Radioactividad. Interacción nuclear fuerte. Energía de enlace. Fusión y fisión, sus aplicaciones y sus riesgos. Introducción al estudio de las partículas elementales.

Y se justifica que el diseño para los Bachilleratos de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud y para el de Tecnología sea el mismo, «es lógico dado que en este nivel sólo se pueden introducir los conceptos más básicos y generales. Además, es conveniente que este nivel educativo proporcione una visión general de la Física (MEC, 1993b: 8)».

De acuerdo con la idea de la Física como pilar de las distintas ramas de la Ciencia:

«Yo diría que puede haber quizás variantes de lo que yo llamaría ‘core’ (sustancia), será lo mismo para todos, por una elemental razón, ya sea uno un biólogo, químico, ingeniero o por supuesto un físico, todos tratamos con la materia y las cosas materiales... Qué somos nosotros sino un agregado de moléculas todas unidas por interacciones electromagnéticas» (Alonso M., 1992).

El planteamiento de una programación bajo un diseño curricular supone además considerar:

- A. *Para qué aprender*: lo que asume tener en cuenta objetivos, tanto de carácter específico como generales.
- B. *Cómo aprender*: implica compromiso de una adecuación de la enseñanza a los recursos didácticos supuestamente mejores. En el caso de la Física, aquellos encaminados a un mejor entendimiento de la forma de hacer del trabajo científico.
- C. *Qué aprender*: compromiso de selección con arreglo a los objetivos, a los fines propedéuticos fundamentales, a la viabilidad de comprensión, etc.
- D. *Cuándo aprender*: implica selección, y en relación al reparto de contenidos, en cursos, etapas, niveles, continuidad, tiempo asignado, etc.
- E. *Evaluación*: implica una previa declaración de capacitaciones mínimas, medios de recuperación, solución a inadecuaciones curriculares, etc.

Esta filosofía para el conjunto de bloques de contenidos del Currículo de Física de Bachillerato representa un avance de los anteriores en los aspectos siguientes:

Permitiría, en primer lugar, estructurar más la enseñanza de Física bajo un diseño mejor basado en el modo de hacer ciencia o «método científico», por lo que se especifica bajo bloques temáticos como «Aproximación al trabajo científico». Aspectos de este «quehacer», así como su aplicación puntual al estudio de casos o fenómenos, se repartiría en 1º y 2º de Bachillerato.

La relación ciencia y sociedad.

Contenidos base del modelo actual de la Física Moderna. Considerándose así una de las aportaciones más importantes realizadas por la Física a la interpretación actual del Universo: la Teoría de la Relatividad, Física Cuántica y Física Nuclear. Sus conceptos, leyes, procedimientos, etc., para manipular los fenómenos son base del desarrollo actual, repartido en ramas de conocimiento y aplicación a las que estos alumnos pretenden acceder.

1.1.2. El análisis de las más recientes propuestas. *El currículo de Física en los Reales Decretos de desarrollo de la LOCE*

En general, las etapas del aprendizaje y los distintos niveles educativos presentan una distribución semejante a la anterior estructura (varían sobre todo los criterios de evaluación y promoción, y el perfil de algunas materias). La Física aparece circunscrita al ámbito más general de las ciencias experimentales; luego, a medida que se avanza, toma más autonomía como asignatura.

Así, el análisis sobre la manera en que las instituciones públicas contemplan su desarrollo, se va a centrar en el papel que se le asigne en Bachillerato.

La Física en el primer curso de Bachillerato. El Real Decreto por el que se establece la ordenación general y las enseñanzas comunes del Bachillerato de 27 de junio de 2003 (BOE de 4 de julio de 2003) en el artículo 1 expone:

«Artículo 1. Principios generales.

1. El Bachillerato constituye una etapa de la Educación Secundaria y comprenderá dos cursos académicos.
2. El Bachillerato se desarrollará en modalidades diferentes que permitirán a los alumnos una preparación especializada para su incorporación a estudios posteriores y para la inserción laboral».

Y en el 10º, que entre las asignaturas específicas de la modalidad de Ciencias y Tecnología se incluyen: «Física y Química» y «Física», que se imparten respectivamente en primero y segundo de Bachillerato.

Específicamente, en lo que concierne a la parcela de Física de la asignatura de «Física y Química», se dice en su introducción:

«La Física se ha estructurado en dos bloques, uno de fuerzas y movimientos y otro de energía, tanto mecánica como eléctrica. Se ha introducido un tema inicial para que el alumno adquiriera los conocimientos necesarios y destrezas en la realización de una medida y en el cálculo de su error».

Con lo que esta división primera, se aprecia se hace en base a recursos procedimentales importantes: los que se constituyen bajo los parámetros: «Interacción», lo que se instruye como: dinámica; y el del concepto de energía.

También los objetivos, al pormenorizar sobre aquellos asuntos que requieren «comprensión», citan aquellos recursos conceptuales de los procedimientos: las leyes y las teorías.

Así en el punto primero se dice:

«1. Comprender los conceptos, leyes, teorías y modelos más importantes y generales de la Física y de la Química, que permiten tener una visión global y una formación científica básica para desarrollar posteriormente estudios más específicos».

Luego el segundo recomienda la aplicación a lo más cotidiano. El tercero la mención del papel importante de los enunciados de hipótesis, así como que su carácter cambiante puede ayudar al desarrollo del pensamiento crítico. En el cuarto y quinto se da importancia a la experimentación (que es también un recurso), y a la resolución. En el sexto a las

implicaciones de esta asignatura en la sociedad. Y en el séptimo, comprender la terminología científica.

Se destaca de este análisis, aunque somero, que las cuestiones a las que se da más importancia, junto a las de significar este papel en la sociedad, son aquellas que promueven la forma de contacto con los *recursos generales que utiliza la Física*.

Ahora, hasta qué punto se debe profundizar en los esquemas conceptuales en que se ubican, tales como: ¿a qué se aplican?, ¿para qué se constituyen?, ¿en qué manera son útiles a un plan de actividades si lo hay?, ¿con qué objetivos?, o ¿son imprescindibles al mismo?, ¿son sólo interesantes?, ¿se debe profundizar en lo analítico?, ¿incidir más bien en lo fenomenológico? Son interrogantes que desde este planteamiento se dejan abierto.

Los contenidos: de los nueve bloques temáticos, cinco se constituyen en los específicos de Física, con una distribución:

- La medida de magnitudes.
- El estudio del movimiento (casos).
- Dinámica e interacción gravitatoria.
- Energía.
- La interacción eléctrica.

Es una ordenación que, más que establecer jerarquías o «clases» en la actuación, conforme quizá al rigor de un plan, relata conjuntos de actividades diversas.

Dado que la finalidad parece estar más en señalar cuotas en la capacitación y en las destrezas, o valores a alcanzar, esta disposición parece así suficiente. Luego al ser una ordenación abierta (son más bien sugerencias), cada currículo particular, de departamento o aula, podrá dotar al conjunto de elementos de organización, justificativos, analíticos, o de contenido..., que se estime necesarios.

Tampoco a este nivel se hace una alusión directa al Modelo del Paradigma actual, lo que puede ser lógico, pero su mención está también abierta, dadas las recomendaciones que se hacen en mostrar la importancia de la hipótesis y los modelos.

El currículo de Física de segundo de Bachillerato, según los Reales Decretos de desarrollo de la LOCE

En su análisis se destaca:

En primer lugar, la introducción resalta el papel relevante de esta asignatura en la sociedad, para luego pasar a hacer una síntesis sobre la división de los contenidos, los cuales estructura:

«Introducción

La Física es una ciencia de gran importancia que se encuentra presente en una gran parte de los ámbitos de nuestra sociedad, con múltiples aplicaciones en otras áreas científicas como las telecomunicaciones, instrumentación médica, biofísica y nuevas tecnologías entre otras.

La Física en el Bachillerato puede estructurarse en tres grandes bloques: Mecánica, Electromagnetismo y Física Moderna. La Mecánica, a su vez se va a dividir en Interacción Gravitatoria, Mecánica Ondulatoria y Óptica, con el objetivo de completar la imagen mecánica del comportamiento de la materia y demostrar también la integración de los fenómenos luminosos en el electromagnetismo, que lo convierte, junto con la Mecánica, en el pilar fundamental de la Física Clásica. Con el fin de explicar de forma satisfactoria aquellos aspectos que la Física Clásica no puede solucionar, se introduce un tercer bloque que es el de Física Moderna.

La utilización del método científico debe ser un referente obligado en cada uno de los temas que se desarrollen.

Las implicaciones de la Física con la Tecnología y la Sociedad deben estar presentes al desarrollar cada una de las unidades didácticas que componen el currículo de este curso».

La filosofía de esta manera en configurar, parece así similar a la desarrollada en primero de Bachillerato. La que en principio divide y agrupa contenidos más en base a afinidades, como la competencia a un procedimiento común, o un mismo recurso para la resolución de los «casos», pero asimismo, como en el anterior, enfatiza en la utilización del Método.

El Modelo de Paradigma actual se sugiere desde:

«Con el fin de explicar de forma satisfactoria aquellos aspectos que la Física Clásica no puede solucionar, se introduce un tercer bloque...».

Es decir su papel como base de una Física unificada queda sujeto al enfoque de cada proyecto.

Los objetivos se presentan:

«Objetivos

1. Comprender los principales conceptos de la Física y su articulación en leyes, teorías y modelos, valorando el papel que desempeñan en el desarrollo de la sociedad.
2. Resolver problemas que se planteen en la vida cotidiana, seleccionando y aplicando los conocimientos apropiados.
3. Comprender la naturaleza de la Física y sus limitaciones así como sus complejas interacciones con la tecnología y la sociedad, valorando la necesidad de preservar el medio ambiente y de trabajar para lograr una mejora en las condiciones de vida actuales.

4. Desarrollar en los alumnos las habilidades de pensamiento prácticas y manipulativas propias del método científico de modo que les capaciten para llevar a cabo un trabajo investigador.
5. Evaluar la información proveniente de otras áreas del saber para formarse una opinión propia, que permita al alumno expresarse con criterio en aquellos aspectos relacionados con la Física.
6. Comprender que la Física constituye, en sí misma, una materia que sufre continuos avances y modificaciones; es, por tanto, su aprendizaje un proceso dinámico que requiere una actitud abierta y flexible frente a diversas opiniones.
7. Valorar las aportaciones de la Física a la tecnología y la sociedad».

Los contenidos en el Real Decreto:

«Contenidos

1. Vibraciones y ondas. Movimiento vibratorio armónico simple: elongación, velocidad, aceleración. Dinámica del movimiento armónico simple. Movimiento ondulatorio. Tipos de ondas. Magnitudes características de las ondas. Ecuación de las ondas armónicas unidimensionales. Principio de Huygens: reflexión, refracción, difracción, polarización. Ondas sonoras. Contaminación acústica.
2. Interacción gravitatoria. Teoría de la gravitación universal. Fuerzas centrales. Momento de una fuerza respecto de un punto. Momento angular. Leyes de Kepler. Fuerzas conservativas. Energía potencial gravitatoria. Campo gravitatorio terrestre. Intensidad de campo y potencial gravitatorio. Aplicación a satélites y cohetes.
3. Interacción electromagnética. Campo creado por un elemento puntual: interacción eléctrica. Estudio del campo eléctrico: magnitudes que lo caracterizan (vector campo eléctrico y potencial y su relación). Teorema de Gauss. Campo eléctrico creado por un elemento continuo: esfera, hilo y placa. Magnetismo e imanes. Campos magnéticos creados por cargas en movimiento. Ley de Ampère. Fuerzas sobre cargas móviles situadas en campos magnéticos. Fuerza de Lorentz: aplicaciones. Fuerzas magnéticas sobre corrientes eléctricas. Interacciones magnéticas entre corrientes paralelas. Inducción electromagnética. Experiencias de Faraday y Henry. Leyes de Faraday y de Lenz. Producción de corrientes alternas. Impacto medioambiental de la energía eléctrica.
4. Óptica. Naturaleza de las ondas electromagnéticas. Espectro electromagnético. Naturaleza de la luz. Propagación de la luz: reflexión y refracción. Dispersión lumínica. Óptica geométrica. Dioptrio esférico y dioptrio plano. Espejos y lentes delgadas. Principales aplicaciones médicas y tecnológicas.
5. Introducción a la Física moderna. Insuficiencia de la Física clásica. Efecto fotoeléctrico. Cuantización de la energía. Dualidad onda corpúsculo y principio de incertidumbre. Física nuclear: composición y estabilidad de los núcleos. Radiactividad. Reacciones nucleares. Fisión y fusión nuclear. Usos de la energía nuclear».

(Reales Decretos de desarrollo de la LOCE, 2003.

Un planteamiento que deja abierta la concepción a la Física unificada donde la resolución de casos se constituyan en la casuística de un proyecto más global.

Y tal y como se señaló respecto a la Física de primero de Bachillerato, este planteamiento parece suficiente en función de sus fines: señalar cuotas mínimas de capacitación y el perfil del aprendizaje. Y el carácter abierto de estas recomendaciones, deja el camino libre a la interpretación más puntual de los mandatos. Por ejemplo la referencia a la obligación de considerar el Método Científico en cada uno de los temas, da pie a poder desarrollar un planteamiento amplio y global, además de poder remitir su empleo a actividades concretas, o de cada circunstancia.

Finalmente, los criterios de evaluación abundando en la actitud por informar de los mínimos exigibles, ponen el acento aún más en destacar las estrategias en la actuación que la física en general utiliza:

- «4. Aplicar las leyes de Kepler para calcular diversos parámetros relacionados con el movimiento de los planetas.
- 5. Utilizar la Ley de la Gravitación Universal para determinar la masa de algunos cuerpos celestes. Calcular la energía que debe poseer un satélite en una determinada órbita, así como la velocidad con la que debió ser lanzado para alcanzarla...
- 7. Explicar el fenómeno de inducción, utilizar la ley de Lenz y aplicar la ley de Faraday, indicando de qué factores depende la corriente que aparece en un circuito.
- 8. Explicar las propiedades de la luz utilizando los diversos modelos e interpretar correctamente los fenómenos relacionados con la interacción de la luz y la materia».

También se incide en el reconocimiento de su relación con el ámbito de lo cotidiano:

- «3. Reconocer la importancia de los fenómenos ondulatorios en la civilización actual y su aplicación en diversos ámbitos de la actividad humana...
- 9. Valorar la importancia que la luz tiene en nuestra vida cotidiana, tanto tecnológicamente (instrumentos ópticos, comunicaciones por láser, control de motores) como en Química (fotoquímica) y Medicina (corrección de defectos oculares).
- 11. Explicar los principales conceptos de la Física Moderna y su discrepancia con el tratamiento que a ciertos fenómenos daba la Física Clásica.
- 12. Aplicar los conceptos de fisión y fusión nuclear para calcular la energía asociada a estos procesos, así como la pérdida de masa que en ellos se genera».

(Reales Decretos de desarrollo de la LOCE, 2003).

Por último, ya en conexión con los asuntos que importan en este proyecto, los de la instrucción más oportuna al desarrollo de una Física unificada en torno a su Paradigma más actual, los criterios de evaluación son en ese sentido más explícitos sobre estos particulares

que otros apartados, dando relieve a que se proporcione la explicación de los conceptos; la que incluso llega al análisis entre los distintos Modelos.

El último apartado señala la aplicación puntual a casos que se estiman importantes.

El planteamiento que se deriva de los últimos Decretos, da cierta cabida al perfil que objetiviza los contenidos en sintonía con el «quehacer» general de la ciencia, y en función de su papel en la sociedad; además sugiere los recursos didácticos y de evaluación que han de conducir a las capacitaciones deseables, pero éstos continúan siendo objeto de desarrollo por parte de cada profesor.

1.2. LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA HOY

1.2.1. Los distintos enfoques para el currículo de la Física

«En principio, en los bloques temáticos se presenta ‘lo que hay que dar’. En ocasiones estos contenidos propuestos resultan ambiguos o presentan omisiones significativas. Estas deficiencias deben ser subsanadas en las programaciones de cada profesor (Ruiz, Valera, Martínez, 1995: 84-85)» (Bueno y Rosado, 1995).

Existe por parte de los distintos sectores relacionados con la Didáctica de la Física una notable preocupación por atender adecuadamente la adaptación en el aula del Currículo de la misma. Y especialmente se seleccionan las que inciden en la manera de desarrollar los apartados de Física Moderna:

En primer lugar por ejemplo se expone el **enfoque que se deriva desde una lectura del currículo oficial (LOGSE)**.

«En cuanto a los siete grandes núcleos de contenidos en la Física de 2º curso de Bachillerato..., los dos primeros núcleos transversales son necesarios para familiarizar a los alumnos con la forma de trabajo de los científicos y contextualizar la ciencia, aspecto cuya necesidad ya se ha resaltado anteriormente.

Los cuatro siguientes (interacción gravitatoria, vibraciones y ondas, óptica e interacción electromagnética) son necesarios para completar la Física Clásica (mecánica y electricidad) introducida en la Física y Química de 1º. Se consigue así entre los dos cursos mostrar las ideas fundamentales de ese gran cuerpo coherente de conocimientos que es la Física Clásica, articulada en torno a la mecánica newtoniana (que explicó el sonido y el calor a partir de las leyes del movimiento) y la teoría electromagnética (que acabó integrando los fenómenos eléctricos, magnéticos y ópticos).

Pero, a su vez, esta gran concepción del mundo no pudo explicar una serie de fenómenos y esto originó el surgimiento de la Física Moderna, alguna de cuyas ideas (relatividad, cuántica y Física nuclear) también son introducidos en 2º de Bachillerato» (Solbes J., 1996).

Es un enfoque que desde los núcleos transversales, sobre todo el primero, se podría hacer una introducción a lo que representan los Paradigmas en la Física y los cambios en éstos. La estructura general y orden en los bloques siguientes, sensiblemente aborda los contenidos ateniéndose al orden histórico de la evolución de modelos, leyes, postulados, etc.

Seguidamente, se hace el repaso de los distintos enfoques desde los cuales se puede abordar el currículo en cuestión:

«**Primer enfoque:** el disciplinar. En su versión más tradicional se trata de seleccionar una serie de temas de Mecánica, Termodinámica, Electricidad y Magnetismo, Óptica y Física Moderna, que aparecen capítulo a capítulo sin ningún tipo de estructuración.

Segundo enfoque: el que se plantea en algunos textos de Física General, que surgen a finales de los 60, principios de los 70, como intentos de actualizar la enseñanza de la Física. Implicaría comenzar por interacciones, proseguir con Ondas y Óptica y finalizar con la Física Moderna.

Tercer enfoque: mostrar cómo se han ido construyendo las distintas teorías físicas. Para ello, completar la Mecánica realizando una introducción a la Teoría de la Gravitación Universal. Seguidamente el movimiento ondulatorio. A continuación el estudio de la óptica, para mostrar posteriormente su integración en el Electromagnetismo, edificio teórico que se conoce como Física Clásica. Pero, a su vez, esta gran concepción del mundo no puede explicar una serie de fenómenos, y esto origina el surgimiento de la Física Moderna.

Cuarto enfoque: un cuarto modelo podría ser el de utilizar centros de interés, problemas relevantes de la Humanidad, para introducir los diversos contenidos. Así, por ejemplo, en esta Física se podrían utilizar:

- El movimiento de los satélites artificiales en el núcleo temático de gravitación.
- La contaminación en vibraciones y ondas.
- Los instrumentos ópticos y sus aplicaciones en Óptica.
- La producción de energía eléctrica en interacción electromagnética.
- El uso de la energía nuclear en Física Moderna.

Este enfoque sería algo análogo al de los proyectos de ciencia integrada, por ejemplo, la ciencia combinada de Nuffield. Estos proyectos se plantean para la Enseñanza Secundaria Obligatoria, así como la dificultad de una cuidadosa selección de contenidos de 2º de Bachillerato.

Quinto enfoque: sería el histórico. En concreto se podría abordar el estudio de Newton (gravitación), Rayleigh (ondas), Newton, Fresnel, Young, etc. (óptica), Coulomb, Ampère, Faraday, Maxwell, etc., (electromagnetismo), Einstein (relatividad), etc.

No hay materiales en esta línea, aunque hemos de mencionar textos.

Evidentemente, rechazamos las dos primeras propuestas, porque al carecer de perspectiva histórica no permiten mostrar el cambio de los marcos conceptuales o paradigmas, la evolución de las ideas, etc. Nos inclinamos, de acuerdo con las ideas expuestas en esta introducción, por una síntesis entre la tercera propuesta disciplinar y los aspectos históricos y de interacción CTS. Es decir, se trata de una propuesta disciplinar que:

- Muestra las interacciones ciencia, tecnología, sociedad y naturaleza, a lo largo de la historia y en la actualidad, lo que permite dar una imagen más correcta y contextualizada de la Física.
- Extrae de la Historia de la Ciencia los problemas significativos; además, tener en cuenta sus ideas previas, muestra el carácter colectivo y controvertido de la Física y cómo en la construcción de las teorías se producen ideas erróneas, experiencias cruciales, hipótesis geniales, es decir, de una imagen viva de la ciencia. (Solbes J., 1992).

En cuanto a cómo incluir los «elementos de Física Relativista»; desde la Física Clásica y surgimiento de la Física Moderna:

«Se puede iniciar esta parte pidiéndole a los estudiantes que realicen una síntesis de la Física Clásica vista hasta aquí. Se puede seguir mostrando la imagen del comportamiento de la materia que proporciona la Física Clásica y viendo cómo había surgido contra una concepción, la Física pregalileana, que se había mostrado incapaz de resolver importantes problemas del comportamiento de la materia. Esto permite romper con una imagen lineal del crecimiento de la ciencia y mostrar cómo, análogamente, una serie de dificultades insuperables originaron la crisis de la Física Clásica, en particular la inestabilidad del átomo de Rutherford y los espectros (vistos en Química) y el efecto fotoeléctrico (mencionado al final del tema anterior)» (Solbes J., 1992).

Se acentúa más adelante que cada postulado del nuevo Paradigma se acompañe de una descripción elemental de su significado conceptual.

«Consideramos (Gil y otros, 1988) que es conveniente introducir la masa relativista m por razones didácticas. Puede favorecer una interpretación correcta de $E= mc^2$, al mostrar la variación de masa con la velocidad como una variación que tiene lugar al comunicar energía cinética al cuerpo; es decir, como una consecuencia de la equivalencia masa energía» (Solbes J., 1996).

Otros expertos aconsejan un planteamiento similar, y apuestan por insistir en el carácter cambiante de los recursos más generales, que justifiquen o señalen la necesidad de arbitrar Leyes o Modelos.

«Partiendo del propio texto que aparece en el currículo oficial ‘Fenómenos que no se explican...’, y desde los objetivos igualmente señalados como a que los alumnos ‘comprendan los principales conceptos de la Física y su articulación en leyes, teorías y modelos, valorando el papel que desempeñan en su desarrollo...’, ‘que el desarrollo de la misma supone un proceso cambiante y dinámico...’» (Calvo y Segúin, 1996).

Así, abundando en este tema se enjuician los enfoques que en general se dan a esta materia en los libros de texto:

«Los libros de texto de BUP y COU de nuestro país no introducen ningún capítulo sobre Relatividad, aunque todos utilizan la equivalencia masa/energía en la Física Nuclear. La idea errónea más frecuente es considerar que existen transformaciones o conversiones de materia en energía aplicadas exclusivamente a reacciones nucleares.

Por otra parte, desconocen las implicaciones del carácter límite de la velocidad de la luz en Relatividad y algunos señalan que la velocidad de una partícula, sometida a una fuerza constante, aumenta linealmente con el tiempo (Warren, 1976; Gil y otros, 1988 y 1989; Gil y Solbes, 1993).

Para evitar los problemas mencionados, pensamos que un buen camino puede consistir en la introducción de los aspectos básicos de la Teoría de la Relatividad mostrando que supuso una crítica de las hipótesis implícitas de la Física Clásica (el espacio y el tiempo absolutos) dado que dichas ideas están profundamente arraigadas en la estructura conceptual del alumno» (Solbes J., 1996).

Conclusión:

Se pone de manifiesto que son enfoques que no evitan lagunas y errores, sobre todo en relación a los aspectos más actuales de la Física, probablemente por partir del Modelo clásico casi con exclusividad.

Lo que fundamentalmente caracteriza a estos enfoques es que *se parte de un estudio clásico* de fenómenos para, tras el fracaso de la aplicación del correspondiente Modelo a los mismos, concluir en que éste debía ser reformado.

En general lo que se sugiere en atención a «incorporar» una Física actual, comenzar las unidades temáticas con una descripción de aquellos aspectos que constituyen analogías y diferencias entre Física Clásica (desde Galileo a Maxwell) y la Moderna o «nueva Física»; luego se analizan con cierto detalle los postulados, lo que representan para la medida, las experiencias que corroboran su formulación y algunas de las aplicaciones de la Física Relativista, como la medida de tiempos, longitudes, el concepto de simultaneidad, la equivalencia, etc.

Pero no parecen implicarse de forma expresa, sobre cómo configurar una estructura capaz de significar todos los fenómenos, que planifique para los más recientes una inclusión, más allá que por adición.

Son muchos los enfoques que aprecian con detalle los aspectos fenomenológicos, pero no enfatizan en profundizar en adoptar un mismo planteamiento a todos los campos de la Física. O prefieren un planteamiento cronológico de los fenómenos, cuyo comportamiento no se muestra de acuerdo con la experiencia y obligan al planteamiento de nuevos modelos. (Más datos en el Anexo I).

1.2.2. Descenso del interés de los alumnos del nivel de Secundaria por la Física

Es un hecho que se pone en evidencia en muchas ocasiones.

«Nos vamos pareciendo a los países de nuestro entorno y los alumnos empiezan a abandonar la física.

Estos problemas en la ‘cantera’, es decir, en la enseñanza secundaria se traducen, en los países avanzados, en una disminución del número de estudiantes universitarios de físicas, ingenierías, etc.» (Solbes, Calvo y Pomer, 1994).

En general no existe sólo desinterés sino que se detecta incluso una actitud negativa hacia dicha materia:

«Los pocos estudiantes españoles que son capaces de mencionar relaciones de la Física con la técnica y la sociedad, se limitan, en su mayor parte, a aquello que tiene carácter negativo (destrucción del medio, carrera armamentística, etc.) (Solbes y Viches, 1992)» (Solbes, Calvo y Pomer, 1994).

Lo contrario sucede con las ciencias biológicas, cuya interacción se muestra como positiva.

Datos representativos de estos hechos se tomaron de la Comunidad Valenciana (Solbes, Calvo y Pomer, 1994), que posiblemente puedan extrapolarse fuera de ella; para alumnos de 2º de Bachillerato LOGSE se han calculado porcentajes de estudiantes que cursan las respectivas asignaturas Matemáticas, Física, Dibujo Técnico, Química, Biología y C.T.M.A. Para las tres primeras, el total que pueden cursarlas es de 490, dado que pueden ser cursadas por los alumnos de dos Bachilleratos, el de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud y el Tecnológico. Para las otras tres el número de alumnos que pueden cursarlas es de 410, dado que sólo son cursadas en el Bachillerato de Ciencias. Aunque la Física, Matemáticas, etc., pueden ser cursadas por un número mayor de alumnos, de hecho *no sucede así*. Hay más alumnos que escogen la opción de Ciencias de la Salud (229) frente a los que escogen la del científico técnico (181), y en tanto que los primeros que cursan obligatoriamente la Química y Biología NO eligen Matemáticas y Física, los segundos que las cursan obligatoriamente sí eligen además Química y Biología.

Esta actitud, que se repite con insistencia, resulta realmente paradójica y preocupante en una sociedad científica y técnicamente desarrollada y en la que la Física tiene un papel primordial para comprender desde lo más cotidiano hasta el Cosmos en su globalidad; siendo además imprescindible para aquellos que más tarde vayan a seguir estudios de ciencias o ingenierías.

La experiencia de los profesores coinciden en señalar que existen problemas en la enseñanza de la Física»,

«cuando año tras año y evaluación tras evaluación observo el fracaso del alumnado de Física, y el rechazo casi visceral por la materia, no puedo sino convencerme de que algo estamos enfocando mal» (Gutiérrez J., 1993).

«Como dato significativo que muestra que algo falla, vemos cómo un setenta por ciento de los alumnos suspenden la parte de Física de los exámenes de selectividad, aun cuando suelen superar globalmente las pruebas (MEC, 1993b: 11-12)» (Bueno y Rosado, 1995).

«La falta de relación de la Física con la tecnología, sociedad y medio ambiente, el método de enseñanza usual y el fracaso al ser evaluados, hace que disminuya el interés de los estudiantes por las ciencias en general y la Física en especial» (Solbes J., 1996).

También se señala la presentación, cuya escasez de trama y aridez, se considera causa de poco entusiasmo de muchos alumnos:

«La física que se enseña difiere en general tanto de la que se hace como un tratado de gramática difiere de una novela. Y pensamos que muy pocas personas posiblemente se sentirían inclinadas hacia la literatura y cómo se hace la literatura, si su único contacto con las letras hubiese sido un tratado de gramática (...).

Pues bien, esa dificultad que encontramos en los estudiantes a la hora de establecer conexiones entre los fenómenos del mundo real y el formalismo de la física, necesita ser expresamente corregida y superada, y la mejor forma de conseguirlo consiste, a nuestro entender, en la utilización de estrategias de E/A que conduzcan a una comprensión cualitativa de los fenómenos» (Márquez R., 1995).

Y como se ha dicho, cuando se analiza el problema del declive del interés por los estudios de Física, el mismo también se detecta en otros países de Europa,

«...en los países más desarrollados vienen ocurriendo un descenso acelerado de estudiantes de Física en todos los niveles educativos en que tienen opción de escogerla como integrante de su currículo. La génesis de este hecho se ha intentado explicar con argumentos variados, que van desde la explicación más 'simple', pero no desdeñable -la física es 'difícil' y los alumnos saben que no es necesaria para su promoción social- hasta explicaciones más 'sociológicas'» (Herrán C. y Alonso A., 2002).

Problema además que en sus causas se muestra complejo. Así se aprecia en foros como el que en Noviembre de 2000 reúne cerca de 500 físicos: profesores e investigadores. El encuentro auspiciado por la Agencia Espacial Europea, el Observatorio Europeo Austral, y asociaciones como la Real Sociedad Española de Física, tiene lugar en la sede del Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN).

El debate se constituye en mesas redondas, y aborda los temas bajo ciertos enunciados; luego cada grupo concluye con recomendaciones que pasan a ser votadas por la Asamblea de Physics on Stage, formada por todos los participantes.

Ya el abanico amplio de inferentes que se consideran, hasta trece títulos que se proponen, da idea de esa complejidad que parece envuelve estos temas.

Títulos que se diversifican según:

- «- Definición de la crisis.
- La física en la educación primaria.
- La física en la educación secundaria.
- La física y la cultura científica.
- Papel de la historia y la filosofía en la enseñanza de la física.
- Consideración de los principales temas de actualidad.
- La mujer y la física.
- Física y juego.
- El lugar de internet en la enseñanza de la física.
- Nuevas herramientas en clase.
- Los grandes organismos científicos y la enseñanza de la física.
- El oficio del profesor.
- Desarrollo del currículo» (Merino M., 2002)

Aunque en su conjunto todas las conclusiones tienen interés, ahora se resaltan las de más consenso. Recomendaciones que se pueden dividir en dos tipos principales:

En el primero, las que ponen el acento en la necesidad de una formación permanente, y reciclaje del profesorado, y los currículos.

Las del segundo apuntan a la conveniencia de programas de concienciación de la opinión pública en la idea, de que la presencia de la cultura científica y, en particular de la Física, es algo necesario; y no sólo porque sustenta las nuevas tecnologías, vitales en los campos de la actividad económica e industrial, sino porque entre ellas se encuentran además las que desempeñan el papel importante del desarrollo sostenible.

En este sentido son ejemplos del primer grupo:

- «- El ritmo de la investigación y el incremento de la información reclaman una buena formación de los profesores.
- Debe financiarse el equipamiento de los centros y la formación, el reciclaje y la promoción del profesorado.
- Los profesores han de tener conocimientos sólidos en Física, Didáctica y Pedagogía y, además, actitudes aperturistas.

- La historia y la filosofía de la ciencia deben formar parte de la formación de los profesores.
- El soporte financiero para la formación del profesorado en temas relativos a la tecnología de la información y la comunicación (ICT) debería atender a los aspectos pedagógicos.
- Todos los profesores de primaria deberían tener acceso a la formación permanente en educación científica.
- Los profesores requieren una buena formación inicial y un posterior desarrollo profesional. Al igual que en otras profesiones, se debería recompensar económicamente la cualificación profesional.
- Se recomienda la promoción de los contactos personales entre los profesores de diferentes países en orden al intercambio de experiencias educativas.
- Introducir un sistema de recompensas para la formación del profesorado, sustentado por la industria y la comunidad científica, que valore y destaque las destrezas didácticas.
- Sería necesario llevar a cabo un proceso de auditoría de calidad, cantidad y competencias de los profesores en toda Europa». (Merino M., 2002).

Del segundo:

- «- Introducir la Física en los medios de comunicación para concienciar a la sociedad y aumentar la conexión entre ésta y la vida ordinaria.
- Es preciso reconocer que la física es necesaria para casi todo, por ser parte de nuestra cultura.
- La enseñanza de la física debe ser desarrollada para todos los estudiantes, de los cuales la gran mayoría nunca serán científicos.
- La enseñanza de la física ha de ser realista y debe proporcionar explicaciones prácticas del mundo y de los acontecimientos que en él se dan.
- Fomentar la realización de cursos de comunicación científica para periodistas, estudiantes de ciencias, científicos, etc.
- Llevar la física a la gente mediante el establecimiento de redes de centros y otros programas de mayor alcance.
- El currículo debe permitir que los estudiantes tomen decisiones razonadas, sopesando pros y contras en un contexto económico y social.
- Es preciso reconocer que la física tiene aplicación inmediata en la comprensión y desarrollo de problemas relacionados con el crecimiento y el desarrollo sostenible.
- El currículo debería dirigirse hacia los temas señalados arriba y hacia el impacto de la física en la vida ordinaria.
- Los criterios gubernamentales para la enseñanza de la física deberían ser flexibles en el desarrollo del currículo». (Merino M., 2002).

Pero tienen sobre todo interés aquí por la sintonía que muestran en sus inquietudes con las de este trabajo, las del punto último: «Desarrollo del Currículo».

El que se sintetiza:

«Desarrollo del currículo»

Cuestiones

- Comparación de nuevos proyectos curriculares.
- Cambio de ideas: participación y adaptación.
- ¿Qué tipo de organización se necesitaría para asegurar que las buenas ideas fueran ampliamente puestas en práctica?

Sumario

Con respecto a la complejidad del currículo en Europa, este *workshop* se concentró en un número de publicaciones que parecen ser las más importantes en la enseñanza de la física en todos los países y que pueden ser las que más y mejor influyan en el desarrollo curricular. Básicamente, las discusiones se centraron en los siguientes aspectos:

- ¿Cuáles son las finalidades del currículo?
- ¿Puede el currículo dirigir la ciencia hacia todos o solamente a los especialistas?
- ¿Qué autonomía puede tener el profesor y cuánta el alumno?
- El currículo, ¿ha de tener sólo contenidos o también ha de describir contextos?
- ¿Cómo son las conexiones entre currículo y evaluación?
- ¿Cómo puede asegurarse el progreso en la educación?
- ¿Cómo pueden reflejarse las innovaciones en el currículo?

Recomendaciones

- Es preciso que los currículos estén bien definidos: objetivos, contenidos, contexto, metodología, grado de flexibilidad y resultados esperados.
- El proceso de desarrollo de un currículo debería incluir los siguientes pasos: innovación, participación, realización y evaluación.
- Un currículo debe ser algo vivo, sujeto a continuas mejoras, resultado de la evaluación a partir de la participación de todos los estamentos involucrados en él». (Merino M., 2002).

Este título pone aún más de relieve las ideas que de hecho subyacen en todo el encuentro, que la enseñanza de la Física precisa muy principalmente una renovación permanente; que lo último que conviene a su currículo es la concepción estática.

Las recomendaciones de este «título», que se aprecian en sintonía con el pensamiento que anima este trabajo, apuntan además en la necesidad, de que la construcción del currículo sea bien definida: sus objetivos, contenidos, metodología. Que finalmente lo que parece más necesario, es la justa combinación entre su capacidad de innovación, y flexibilidad; y aquella dotación de rigor en las actuaciones que caracterizan la metodología científica.

1.2.3. Temporización escasa

El estudio de Física además está condicionado a un entorno educacional con dependencias formales, como las de estar sujeta a las acotaciones impuestas por un Currículo oficial, un horario, unos mínimos, y su carácter propedéutico.

Con mayor concreción:

«En nuestro país la opción de Física para alumnos con orientación científica se realizaba en 3º de BUP con una asignatura de Física y Química, con una programación extensa que se debía ajustar a cuatro horas semanales, lo que se complementaba con una Física de COU, con una programación de nueve temas y cuatro horas semanales, lo que representaba realmente un temario enciclopédico y prácticamente inabordable» (Solbes y Calvo, 1994).

Los Bachilleratos (LOGSE), 1º y 2º cursos, cuya estructura se mantiene en la LOCE, está abierta a interpretaciones diversas desde la programación de aula, y al poder dotar de contenido y recursos a los temas, podrían acoger la introducción significativa del último bloque temático: «Física Moderna».

Para hacer frente a los nuevos contenidos, que en realidad suponen una complicación del temario se sugirieron algunos recortes en el estudio de aplicaciones; de hecho se simplifican frente a temarios anteriores los desarrollos complejos en Dinámica o en Electromagnetismo.

Contenidos se reparten conforme a sus dificultades analíticas o conceptuales entre los dos cursos 1º y 2º de Bachillerato.

El conjunto temático de los nuevos currículos no supuso sin embargo, desahogo frente al de propuestas anteriores ya que los nuevos currículos requieren por su énfasis en una mayor atención a los nuevos conceptos, una programación de aula muy estructurada de la que hoy por hoy parece que no se dispone.

«Hasta el curso 1988/89 un alumno que empezara a cursar una Licenciatura de Ciencias o una Ingeniería, había cursado 17 horas semanales entre Física y Química a lo largo de sus estudios preuniversitarios. A partir del curso 1989-90 se reduce la carga lectiva de esta asignatura en casi el 10% sin modificación en su currículo. Con la implantación de la LOGSE la situación se agrava con la opcionalidad en 4º ESO... Luego, según datos de la Comunidad Autónoma de Madrid, en el 2º ciclo sólo eligen Física y Química un 55%, lo que representa una disminución del 45%, y en 1º de Bachillerato un 40% frente al 60% anterior» (Rodríguez A., 2000).

Otras manifestaciones apuntan esta situación de insuficiencia:

«El insuficiente tiempo lectivo dedicado a las materias de Física y Química impide, no solamente el correcto desarrollo y profundización de los contenidos teóricos, sino también la imprescindible formación en el trabajo experimental, característica esencial de estas materias. Si a esto añadimos su carácter de optativas en los cursos superiores, su dificultad intrínseca y el descenso del nivel de los contenidos en los programas de Matemáticas, se explica el hecho de que el número de estudiantes que las cursa vaya disminuyendo progresivamente y que los que las siguen no alcancen el nivel mínimo requerido en los países más avanzados» (Ponencia en el Senado sobre la situación de la enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria, 2002).

Julio Gutiérrez sugiere reducir el aparato matemático en favor de un mayor énfasis en el estudio de los fenómenos conforme al Modelo actual. Además denuncia lo malo de los enfoques que se vienen haciendo de la asignatura.

«Algunas consideraciones sobre la enseñanza actual de la Física conducen a preguntarnos sobre la idoneidad de sus formas y contenidos, sobre todo a niveles propios del bachillerato y primeros cursos de ciertas licenciaturas» (Gutiérrez J., 1997).

Otros propugnan: *¿Física sin fórmulas?* Dado que no se trata de formar futuros profesionales físicos, que serán los que deben saber medir y aplicar las teorías para obtener predicciones y aplicaciones prácticas. En la enseñanza primaria y secundaria y en las titulaciones superiores no vinculadas estrechamente a la materia que nos ocupa, sería quizá oportuno una descripción más cualitativa que cuantitativa, resaltando aquellos aspectos que hacen interesante y atractivo su estudio, propiciando *una mayor capacitación en los elementos que son pilares en el modo de «hacer» de los científicos.*

«Ya quedaron atrás los tiempos del ‘empirismo’ que centraba toda la atención en el carácter experimental e inductivo del proceso de investigación y su dependencia de un supuesto ‘método científico’ basado en el seguimiento escrupuloso de un protocolo de etapas comunes en toda investigación científica. La obra de epistemólogos actuales (como Khun, Feyerabend o Lakatos) ha venido a derribar esta imagen de las ciencias y ha venido a configurar una nueva visión que resulta del importante papel que juegan los Paradigmas» (Rosado y Oliva, 1995).

«El principio más fundamental: la Física mantiene sus formas y contenidos pese a los avances en su propio seno» (Gutiérrez J., 1997).

1.2.4. Dificultades intrínsecas. La complejidad del Paradigma

Los datos que se extraen sobre la disminución del interés de los alumnos por los estudios de ciencias, en general la explican en función de su escasa preparación, cuya causa, aunque podría deberse en parte a una asignación horaria realmente insuficiente, tienen como principales circunstancias las que concurren en los problemas de la dificultad

conceptual, que es de hecho en su análisis lo que puede proporcionar los recursos a una mejor adecuación de las pedagogías.

Aspecto importante ahora el de averiguar las variables que configuran estos parámetros más útiles; los currículos en el futuro deberán, si se revelan, trabajar lógicamente sobre ellas. Los asuntos que ayudan a la conceptualización, desentrañando la complejidad de lo que se trata, la justificación del «cómo» y el «por qué» de las actuaciones han de ser paso ineludible a la administración de la enseñanza.

«No todos nuestros alumnos van a vivir posteriormente de la Física, ¿por qué ese empeño en hacer profesionales físicos? Seamos un poco más humildes.

No niego la importancia de la medida en Física. La Teoría de la Relatividad de Einstein tiene su origen en una medida. Simplemente considero que no podemos exigir a toda persona que tenga que estudiar Física ser un experto en resolver problemas concretos.

El problema reside en que no nos damos cuenta de que todo se puede explicar, pero no todo se puede 'calcular'. No todo el mundo es capaz de enfrentarse a un complicado cálculo, mientras que todos somos capaces de entender lo complicado» (Gutiérrez J., 1997).

La complejidad:

Las dificultades debidas a la complejidad conceptual de los contenidos, es el principal factor a considerar, que en los nuevos currículos dado su mayor bagaje en torno a un Paradigma con alto grado de abstracción; el que supone considerar «reglas de juego» cuando se trabaja eligiendo modelos y leyes, o las de desarrollos analíticos o de instrumentación particulares con base en cambios conceptuales muy profundos. Estos cambios se nutren además de conclusiones que parecen contrarias a las del «sentido común», en cuyo análisis nos centramos ahora:

El Paradigma actual. Introducción y declaración del mismo

Un Paradigma tal y como lo definió Kuhn (1975), es un conjunto de suposiciones interrelacionadas que proporciona un marco filosófico para el estudio organizado.

«Un paradigma 1) sirve como guía para los profesionales de una disciplina porque indica cuáles son los problemas y las cuestiones importantes con las que se enfrenta. 2) Se orienta hacia el desarrollo de un esquema aclaratorio (es decir, modelos y teorías) que puede situar a estas cuestiones y a estos problemas en un marco que permita a los profesionales tratar de resolverlos. 3) Establecer los criterios para el uso de 'herramientas' apropiadas (es decir, metodologías, instrumentos y tipos y formas de recogida de datos). Y 4) proporciona una epistemología en la que las tareas precedentes pueden ser consideradas como principios organizadores del 'trabajo normal'» (Cook y Riechard, 1986).

Lo que constituye la esencia de lo que se denomina «el método científico», representa un proceso que se inicia con las observaciones o hechos experimentales, para concluir en una teoría, que junto a otros recursos necesarios a su aplicación, constituirá lo que se va a denominar en este caso Paradigma de la Física.

Su contextualización pasa por:

A partir de los hechos experimentales, se elaboran conjeturas o hipótesis que se comprueban realizando de nuevo experimentos, de modo que si éstos no confirman las hipótesis es necesario modificarlas.

Las hipótesis que están de acuerdo constituyen las relaciones empíricas que denominamos leyes. Las leyes empíricas se engloban en un contexto más amplio, originándose así una teoría. Las predicciones de la teoría se verifican con nuevas observaciones.

«Es un método que nos proporciona una visión racional del mundo. Las cosas suceden de acuerdo con unas leyes y por tanto se pueden conocer y predecir» (González R., 1993).

«En su libro *Paradigms Lost*, el profesor John L. Casti relata que en conversaciones informales se utiliza el vocablo anterior, con las tres acepciones siguientes:

- 1ª Una aproximación particular al método científico.
- 2ª Un conjunto de hechos y un conjunto de teorías que explican los hechos.
- 3ª Lo que hacen las instituciones en las que se realiza una actividad científica.

Como regla general, el público no científico opta por la tercera interpretación, o en ocasiones por la segunda, y casi nunca por la primera; esta ordenación es exactamente la contraria de la que proporciona la comunidad científica» (González R., 1993).

«Se entiende por Paradigma el conjunto de creencias, teorías y/o métodos de investigación adoptados como válidos en un ámbito de conocimiento determinado y en un momento dado» (Rosado L., 1993).

Lo que para el ámbito concreto de Física representa por un lado las *creencias* como Principios, Postulados, Teorías, Modelos y Leyes...; y por otro los *métodos*, que responden a las explicitaciones sobre cómo evaluar, relacionar, agregar, representar, etc., constatando o rechazando las premisas iniciales desde los resultados empíricos que se presenten.

«Así, se puede expresar que el objetivo de la ciencia, además de la acumulación de hechos, es establecer unos principios que los organicen desde una relación entre los principios y los datos» (González R., 1993).

Al margen de la forma en que al mismo se le quiera representar, necesariamente debe contener:

1º Una declaración de los **objetos de estudio**: que obviamente debe generarse de la forma en que son percibidos desde nuestras conexiones sensoriales con el Universo físico.

2º La expresa declaración sobre las intenciones que animan el estudio: **objetivo**, es decir del conocimiento que se espera obtener, que no es otro que el comportamiento o evolución de los sucesos: *estado del sistema* o ecuación del movimiento.

Y un proceder en el sentir de los positivistas, cuya principal preocupación no se centra ahora entre lo observable y lo teórico (distinción kantiana), si no más bien entre forma y contenido, los que atraídos por el convencionalismo, sostienen que las afirmaciones teóricas no son «objetivamente» verdaderas o falsas, sino con un valor de verdad relativo a una u otra «descripción equivalente». Por ejemplo los sistemas de referencia inerciales ofrecen una descripción equivalente, pues proporcionan relaciones igualmente buenas de los mismos hechos observables.

El recurso en el que se contextualizan ahora las ideas, es la utilidad de configurar los componentes de los sucesos bajo coordenadas, en una geometría cuyos particulares habrá que definir. Luego la aspiración más importante será la descripción de las trayectorias, o «historias» de las partículas físicas, que libres o afectadas por los campos de fuerzas (que también habrá que conceptualizar), dando consistencia (el observable), a su evolución: línea del mundo, o ecuación del movimiento.

3º **Procedimientos**: los que adecúan la cuantificación, los del *cálculo matemático*, dado que las magnitudes físicas sí muestran afinidad con el axioma matemático de la adición.

En segundo lugar, los que resuelven la referenciación y la elección del Modelo adecuado a la misma.

Y tercero, la declaración de leyes y postulados, sobre un modo de comportamiento, lo cual constituye desde su transcripción analítica la propia *formulación de la ecuación de estado*: objetivo último. Todo luego, se engloba como «Método Científico».

Por último, la Física emprende la **resolución de casos**, con sus peculiares incidencias en cuanto a: complejidad en la concurrencia, tamaño del objeto y su entorno de interacción, dimensionalidad, etc. (siendo estos aspectos fuente de propios postulados: como los de la Física cuántica), casos a su vez pilares de desarrollo científico y técnico, y elementos de verificación y validez del modelo.

El paradigma del Método de la Física actual

Los elementos que constituyen el modelo actual del Paradigma surgen sobre todo de arbitrar algunos de estos procedimientos mencionados. Precisamente por representar la más relevante novedad en el desarrollo de los nuevos currículos, además de ser causa de las más acusadas dificultades epistemológicas, se detallan:

La versión newtoniano-maxwelliana proporciona leyes sólo válidas para sistemas de coordenadas particulares: los que se encuentra en reposo relativo respecto al «espacio», o en reposo absoluto.

En consecuencia, hay que hacer consideraciones al ir avanzando en futuras concepciones, tales como si la noción del reposo y de las velocidades absolutas, la simultaneidad, y las geometrías (como la Euclídea), van a ser conceptos invariantes u objetivos, o no. Cuando se evolucione a la concepción relativista en general, tendremos que los únicos elementos convencionales en la descripción de la naturaleza se reducirán a la elección del origen espacial de tiempos y a la orientación.

Las dificultades del nuevo Paradigma pasan, además de por las de carácter analítico, que no son muy diferentes a las de los otros campos de la Física, por las que se presentan tener que adoptar los nuevos procedimientos, su conceptualización y adecuación de los mismos.

Las más acusadas van a ser las que surgen de las estrategias en torno a lo que es «observable», concepto indisoluble del de medir. De hecho lo que es observable se reduce a parámetros como la energía (carga-masa), y la posición (en el espacio y tiempo); su concurrencia es la definición de suceso. Añade complejidad la necesidad de una alusión a tres separaciones o parámetros para la determinación espacial (tridimensionalidad).

La materia de los sucesos, se ha de contextualizar a su vez desde el concepto de «inercia»: que es variación relativas entre las otras. Y todas ellas cuantificables, desde que tomamos intervalos que «creemos» constantes en su secuencia, como el día y la noche; es decir, en elementos de comparación basados en la capacidad de apreciar las coincidencias. Recursos y relaciones poco consecuentes como se ve con un hacer en la «objetivización», o que deben en su caso configurarse en una naturaleza axiomática: supuestas verdades que en definitiva dan su perfil a los Paradigmas.

El ejercicio de abstracción que así ha de realizarse, finalmente ha de proceder de la íntima relación entre la forma de apreciar, o del hecho de que sólo separación o coincidencia son los únicos observables. El concepto de referencial como el de Friedman, que ahora se desarrolla, adquiere de entrada su papel fundamental, y su comportamiento da cabida al concepto de Modelo que luego ha de informar las relaciones y la estructura de Leyes y Teorías.

El *Modelo* que actualmente se toma como válido, es decir acorde con los últimos datos experimentales, es el Relativista, el cual implica una transformación conceptual y analítica profunda del anterior: Clásico o Newtoniano, que arraigado, es más conforme en apariencia con el «sentido común», que considera como absoluto o de igual apreciación -sin dependencia del sistema de referencia-, las separaciones espaciales temporales o energéticas.

Las principales cuestiones del Modelo del Paradigma Relativista o actual surgen de considerar que las leyes newtonianas del movimiento son verdaderas cuando los movimientos considerados son interpretados como movimientos absolutos, pero no lo son

cuando se interpretan como movimientos relativos. No obstante, sí hay una clase de movimientos relativos que satisface a las leyes de Newton:

Supongamos que se tome un sistema de coordenadas cartesianas x_1, x_2, x_3 -que se encuentra en reposo con respecto al espacio euclídeo ambiente de Newton- e imprimámosle una velocidad constante, v . Es decir, cambiemos a un sistema de coordenadas nuevo efectuando una transformación. Esto supone expresar el valor de cada coordenada en función de los parámetros del movimiento, transformación particular en la que la medida del tiempo es igual en los dos sistemas. El nuevo sistema recibe el nombre de *referencial inercial*; y la transformación es una transformación Galileana. Es fácil mostrar que las aceleraciones que se miden en cada sistema son iguales y, en consecuencia, que la segunda ley de Newton es válida también para las aceleraciones con respecto a una referencia inercial arbitraria. *Tal afirmación constituye el principio de relatividad clásico, o newtoniano.*

Aunque la Física newtoniana verifica un principio de relatividad en lo tocante a posición y velocidad absolutas, no verifica un principio de relatividad correspondiente a la aceleración y rotación absolutas. Las leyes del movimiento no son verdaderas en referencias sometidas a aceleración.

Nos hallamos ante un dilema. Ciertos tipos de movimiento absoluto -aquellos donde haya aceleración- tienen significación observable y son distinguibles mediante las leyes de nuestra teoría, lo cual expresa la realidad del espacio absoluto. Otros tipos de movimiento absoluto -el reposo y la velocidad- no tienen significación observable y no son distinguibles mediante las leyes de nuestra teoría, lo que habla en contra de la realidad del espacio absoluto.

La Electrodinámica de Maxwell de 1864 pareció inclinarse a favor del espacio absoluto. La teoría de Maxwell implica que «las ondas electromagnéticas se propagan a través del espacio vacío con una velocidad constante y definida, c ».

No obstante, a diferencia de la «Ley de la dinámica de Newton», no es posible que ésta se verifique en todas las referencias inerciales. Si sometemos la velocidad c a una transformación galileana, obtendremos, evidentemente, la velocidad $c-v$, no la velocidad c . La teoría de Maxwell nos permite distinguir una subclase propia de referencias inerciales, todas las cuales se encuentran en reposo relativo unas respecto de otras. Es posible entonces identificar los sistemas de referencia en los que se verifica la teoría, con las referencias newtonianas en reposo del espacio ambiente tridimensional.

El problema que se presenta es que *la teoría combinada de espacio newtoniano más electrodinámica de Maxwell resulta ser falsa*. Una serie de experimentos ejecutados a finales del siglo XIX -de los cuales es el más famoso el de Michelson y Morley, realizado en 1887- llevaron a la conclusión de que, después de todo, no podemos distinguir mediante procesos electromagnéticos a unos sistemas inerciales de otros.

Einstein localizó en 1905 la fuente de esta paradoja. La paradoja emana de la presunción de que las transformaciones galileanas no afectan al tiempo, esto es, suponer que las coordenadas temporales de nuestras dos referencias son necesariamente idénti-

cas. Einstein se percató de que la forma más sencilla de llevar a la práctica un principio de relatividad para la electrodinámica, consiste en dejar intactas las leyes de Maxwell y modificar en cambio las transformaciones que interconectan las referencias inerciales. Las nuevas transformaciones son las llamadas transformaciones de Lorentz. Son transformaciones que preservan las leyes de la Electrodinámica de Maxwell. (Así, por ejemplo, un sencillo cálculo demuestra que la velocidad se preserva).

La teoría acabada de Einstein es la Teoría Especial de la Relatividad, verifica un principio de relatividad tanto para la Mecánica como para la Electrodinámica. Los conceptos de reposo y de velocidad han sido relativizados. Además así resulta inmediatamente de la ecuación de transformación de Lorentz, los conceptos de *simultaneidad*, *duración* y *longitud* quedan también relativizados. Tan sólo tienen significado con respecto a una u otra referencia inercial pero carecen de significado absoluto.

La Teoría Especial de la Relatividad también describe una variedad tetradimensional semieuclídea, cuyo elemento de arco viene dado por la misma ecuación de la relación pitagórica de las geometrías de espacios llanos.

La respuesta que Einstein da es la siguiente: No hay en realidad un espacio ambiente tridimensional y euclídeo, pero sí hay un espacio-tiempo de cuatro dimensiones, semi-euclídeo, en el cual están inmersos todos los sucesos físicos. En el seno de esta variedad espaciotemporal una clase privilegiada de líneas rectas son las trayectorias inerciales, que representa las líneas del mundo de (posibles) partículas libres; un cuerpo está en movimiento no inercial (bien sea acelerando o en rotación) sólo en caso de que sus líneas del mundo se desvíen de la rectitud tetradimensional.

«Si nos fijamos en el desarrollo actual de la Teoría de la Relatividad, la distinción entre observación y teoría parece desempeñar un papel central. Es elemento clave, en efecto, en los argumentos de Einstein en favor del principio de relatividad especial y del principio de relatividad general. A grandes rasgos, tales argumentos rezan como sigue. La Física Clásica se vale del movimiento absoluto, esto es, del movimiento de cuerpos físicos con respecto al espacio absoluto. Ahora bien, tan sólo es observable el movimiento relativo -el movimiento de cuerpos físicos con respecto a otros cuerpos físicos-. Por consiguiente, es preciso eliminar de la teoría física las alusiones al movimiento absoluto.

Por otra parte, el principio especial de relatividad no llega suficientemente lejos, porque la relatividad especial sigue estableciendo una diferencia absoluta entre los sistemas inerciales (sistemas que se mueven con velocidad constante) y sistemas acelerados. La velocidad absoluta es eliminada, es cierto, pero la aceleración absoluta subsiste. Einstein criticó nuevamente esta distinción, apelando a lo que es observable.

Pero el espacio privilegiado R_1 de Galileo (= un referencial inercial), así introducido, es una mera causa facticia, y no cosa que pueda ser observada.

Se da por supuesto que la teoría general de la relatividad supera esta deficiencia del principio especial eliminando la diferenciación entre sistemas inerciales y sistemas acelerados» (Friedman M., 1991).

Y he aquí cómo funciona verdaderamente la teoría de los Modelos de la Relatividad Especial y General de Einstein de 1916. Partimos de una variedad de Minkowski, llana, con el elemento de arco mencionado. A continuación impartimos a esta variedad una curvatura variable, en la cual el grado de una región dada depende de la distribución de masa y energía. Dado que nuestra nueva textura o variedad no es llana o semieuclicéa (de Minkowski), ya no es posible seguir utilizando para el elemento de arco la sencilla forma cuadrática. En lugar de eso necesitamos una forma más general. Así pues los sistemas de coordenadas inerciales o cartesianos han dejado de existir. Consideramos ahora las geodésicas -curvas de «longitud» más corta: como las líneas del mundo de posibles partículas (afectadas por ejemplo por la gravitación), que caen libremente, los coeficientes que proporcionan esa nueva «longitud» ahora tienen que ver con los «potenciales» de un campo, como en este caso el gravitatorio. (Otros ejemplos en el Anexo IV).

Resumen:

Tener presente, ya sea de forma elemental, el papel de la Relatividad, sobre todo cuando se trate la cuestión de una máxima generalización de los conceptos, se aprecia ya ineludible.

Los elementos de la Relatividad así se consolidan como elementos sustanciales en nuestra percepción de las cosas, y son las estrategias, en nuestro empeño por adquirir conocimiento sobre el mundo.

«Esta información básica sobre la que todo el mundo está de acuerdo, es la realidad: un continuo de 3 dimensiones espaciales y una dimensión temporal» (Rucker R., 1987).

«Supongamos, por fin, que en ese espacio moran seres capaces de sentir, que ignoran la existencia de dicha fuerza. Según tales seres, el espacio es infinito, no finito: su geometría es la geometría de Lobachevski; la geometría hiperbólica, no euclídea. Dicho de otro modo, nos encontramos al parecer con dos estados de cosas diferentes. En uno, vivimos en un espacio euclídeo, finito, ocupado por una fuerza ‘universal’ no uniforme; en el otro, vivimos en un espacio no euclídeo, infinito, sin fuerza deformadora ‘universal’. Pero, por hipótesis, estos dos estados de cosas son completamente indistinguibles. Así pues, según Poincaré, la estructura geométrica de un espacio dado no puede ser materia objetiva o determinada.

La elección de geometría, lo mismo que la elección de un sistema de coordenadas, es cuestión de convenio arbitrario» (Friedman M., 1991).

Precisamente, *delimitar qué es lo que proporciona información fiable sobre la realidad, y la manipulación de la misma desde modelos y teorías fundamentos del Método, se aprecia como posible origen de las más acusadas dificultades a la hora de elaborar el currículo.*

Y la falta de interés en los alumnos quizá efecto de un aprendizaje precario, ahora se especula se deriva de las dificultades «intrínsecas» analizadas.

«No deberíamos estar tan seguros de que nuestra visión cotidiana del mundo es la más correcta y la más amplia posible... En la Física Clásica se supone que las percepciones son producidas por objetos en el espacio tridimensional; pero si esto se considera con más detenimiento es una suposición artificial por completo... Con lo conocido, Gödel se refiere a las sensaciones de una persona en un determinado tiempo... Por un proceso más o menos inconsciente, organizamos estas sensaciones en un sistema permanente» (Rucker R., 1976).

1.2.5. El Currículo no se corresponde con el Paradigma:

Quizá este aserto sea lo que se apunta como más negativo en los materiales de uso didáctico: el poco énfasis que se pone en que el Currículo tenga como referente el Paradigma actual de la Física.

La cuestión es la de la precaria relación entre los principios del mismo, y el perfil que adoptan la mayoría de las propuestas curriculares, que en su desarrollo no toman ni en lo ontológico ni en lo epistemológico como referente, el conjunto de acciones que constituyen el Método Científico, y eso a pesar que la Física es una aplicación del mismo al conjunto de hechos que le interesa.

El aprendizaje así NO es significativo. Los alumnos no son capaces de abordar situaciones problemáticas abiertas, y la gran mayoría sólo son capaces de resolver un problema si logran identificarlo con otro cuya solución ya conocen.

«Los alumnos no aprenden a resolver problemas, sino únicamente a comprender y memorizar soluciones explicadas por el profesor a la aplicación mecánica de las matemáticas en las fórmulas» (Solbes, Calvo y Pomer, 1994).

Y se especula con que, obviamente esta situación debe ser descorazonadora para ellos, les resta entusiasmo a la hora de acometer nuevas tareas, y al tiempo les crea un lastre de errores conceptuales difícil de resolver.

«Se investigaron las nociones previas y errores conceptuales más frecuentes, que según la bibliografía existente, suelen presentar los estudiantes a lo largo de la Enseñanza Secundaria. La existencia en nuestros alumnos de esos errores conceptuales se pudo comprobar a través de cuestionarios escritos, y de las discusiones que se entablaron en las clases cuando se propusieron en ellas actividades tendentes a detectar este tipo de preconcepción» (Rosado y Oliva, 1995).

Se señala que las adaptaciones curriculares no se ajustan a los planes que dan significado a los procedimientos, como por ejemplo los necesarios a la analítica.

«En primer lugar, conviene advertir que la utilización del cálculo, sobre todo por parte de los alumnos de gran habilidad para ello, no implica necesariamente dominio de los conceptos físicos» (Blanco J., 1993).

«En los estudiantes no se produce un aprendizaje significativo sino memorístico. Por ello los conceptos se olvidan fácilmente y no son aplicados a nuevas situaciones (Novack, 1982). Este problema también es señalado por Feynmann (1985): ‘Los estudiantes se habían aprendido todo de memoria, pero no sabían el significado de nada’» (Solbes, Calvo y Pomer, 1994).

Estas deficiencias en la significación que, atribuibles a la enseñanza se aprecian en todos los ámbitos de comprensión, perjudica sobre todo a aquellos que deberían ser informados particularmente por el Paradigma actual de las «nuevas situaciones».

«Los libros de texto de BUP y COU de nuestro país no introducen ningún capítulo sobre relatividad, aunque todos utilizan la equivalencia masa-energía en la Física Nuclear. La idea errónea más frecuente es considerar que existen transformaciones (o conversiones) de materia en energía, aplicadas exclusivamente a reacciones nucleares, lo que conduce a afirmar que no se cumple la ley de conservación de la masa, de la energía o ambas. Los alumnos, en consecuencia, también señalan que la materia se transforma en energía. Por otra parte, desconocen las implicaciones del carácter límite de la velocidad de la luz en Relatividad y algunos señalan que la velocidad de una partícula, sometida a una fuerza constante, aumenta linealmente con el tiempo» (Warren, 1976; Gil y otros, 1988 y 1989; Gil y Solbes, 1993).

Los avances hechos en el terreno epistemológico también apuntan hacia la necesidad de propiciar el conocimiento estructurado. Y es que además, la declaración de un Modelo es consustancial a ajustar los conocimientos a estructuras que los jerarquicen, en base a los elementos fácticos o arbitrarios que lo constituyen.

«Ausubel (1976) considera que la adquisición duradera de conocimientos tiene lugar cuando el sujeto dispone de una mínima estructura jerarquizada de conocimientos previos y la nueva información se incorpora a esa estructura» (Rosado y Pontes, 1995).

La falta de una estructura adecuada entre currículo y Paradigma no clarifica consideraciones de principio, como:

«La Mecánica Cuántica, la Relatividad..., son aspectos de la Física de reciente descubrimiento, aplicables a situaciones concretas que no tienen nada de modernas. A los alumnos les debe dejar bien claro que los modelos constituidos no lo son para que la Naturaleza o nuestros grupos se adapten a ellos, sino que se trata de ir describiendo la realidad con mayor precisión cada vez» (Gutiérrez J., 1997).

Dándose en su lugar situaciones anómalas, como que los estudiantes universitarios consideran que la Física Relativista y la Clásica son compartimentos «estancos» y desconectados.

«De entrada, considero aberrante poner bajo el epígrafe de ‘Física Moderna’ los desarrollos más recientes de la disciplina. Por qué no ‘Física Contemporánea’ o incluso ‘POP’ o ‘RAP’. El adjetivo moderno está más relacionado con tendencias, modas.

Entiendo que se habla de Física Moderna en contraposición con lo que se ha dado en llamar Física Clásica. Se utiliza una nomenclatura que no puede sino inducir a error al profano y al iniciado» (Gutiérrez J., 1997).

«La Física Moderna (básicamente Relatividad y Teoría Cuántica de la materia) fue incluida bajo ese nombre. Desafortunadamente éste proceso dio la falsa impresión de que había dos físicas ‘clásica’ y ‘moderna’ que podían ser tratadas como distintas o separadas, mientras que la realidad es que hay una única Física, con un tema de estudio: el mundo físico» (Alonso M., 1992).

Se tiende a no ver la Física Clásica como un caso particular del modelo conjunto de los otros dos.

«La Física Moderna puede producir una mayor comprensión de la clásica, al mostrar sus límites de validez y las diferencias entre ambos paradigmas» (Solbes, Calvo y Pomer, 1994).

«Uno podría decir, por ejemplo, que la Física ‘Clásica’ es la que trata fenómenos para los cuales los valores finitos de la velocidad de la luz y de la constante de Plank son irrelevantes, porque las velocidades y energías son pequeñas comparadas con c o mc^2 » (Alonso M., 1992).

«Los modelos más recientes no han destronado totalmente la mal llamada Física Clásica, sino que tienen en ella una aproximación común de descripción del mundo natural. Deberíamos hablar de Física macroscópica o de Física Relativista o de altas velocidades, etc.» (Gutiérrez J., 1997).

La Física unificada aunque se muestre así ineludible, en el mejor de los casos para la gran mayoría de alumnos la Física Relativista no es más que un conjunto de expresiones matemáticas, al igual que la cuántica, de origen «difícil» para aplicar a casos muy concretos, no una descripción integral del mundo que evoluciona de acuerdo con datos experimentales.

Además, dado el soporte empírico de la Ciencia, el Paradigma ha ido evolucionando y lógicamente la enseñanza del mismo debería variar con él.

«...el nacimiento de lo que se va a llamar ‘Física Moderna’ a partir de la crisis de la Física Clásica, al no poder explicar ciertos fenómenos experimentales aplicando los principios y leyes que tan firmemente estaban establecidas a finales del siglo XIX» (Calvo y Seguin, 1996).

Y lo más paradójico de este abandono es el papel relevante que en el ámbito del conocimiento y la sociedad tiene esta Física actual.

«Estos grandes avances han mostrado que el Universo es mucho más complejo y desconcertante de lo que se sospechaba hace un par de décadas. Han revelado un Cosmos de una violencia y una potencia inimaginables, pero también majestuoso, apacible y bello. Es evidente que nuestra comprensión del mundo más allá del firmamento está en su infancia y que sólo estamos empezando a vislumbrar vagamente cual es la verdadera naturaleza del hombre y su relación con el Universo» (Davies P., 1985).

«La Relatividad especial es hoy una parte totalmente aceptada e integrada de la Física Moderna, un ingrediente básico en nuestra imagen de la estructura atómica..., experimentalmente no existe la menor duda acerca de su validez» (Clifford M., 1986).

«Actualmente nos situamos en un punto en el que de manera fugaz y tentadora vislumbramos posibles respuestas a una de las más antiguas preguntas formuladas por el hombre: ¿de qué está hecho el mundo?» (James y Trefil, 1985).

Los estudiantes tienen finalmente una gran desconexión entre la Física que se les imparte y la «vida cotidiana», «los problemas reales del mundo», «la actualidad», es decir, una imagen empobrecida y descontextualizada de la Física.

«La historia de la Física, es decir, la evolución de los conceptos, la existencia de rupturas conceptuales, representan junto a otros factores como método de enseñanza, escasez de prácticas, falta de confianza en el éxito..., como causa de su desinterés hacia el aprendizaje de la Física» (Rosado y Oliva, 1994).

El Currículo debería ser sensible a los cambios, y ser afín a la expresión más actual de los mismos.

«A finales de julio, el profesor Alonso ha visitado la Facultad de Física de la U.C.M. y en la sede de la Real Sociedad Española de Física se ha reunido con un grupo de socios, entre los que se encontraba su presidente Alfredo Tiemblo.

R (respuesta). Hay que salirse de la rutina. La gente tiene que cambiar su manera de enseñar la Física.

Los profesores tienen más inercia que la que Newton encontró a la manzana. ‘Pero, ¿cómo voy a cambiar esto?’. Mire usted, el día que nos enteramos que toda la materia está compuesta de partículas cargadas, la electricidad pasa inmediatamente a un primer plano. ¿Cómo se puede explicar nada, ni siquiera algo tan elemental como el rozamiento, sin tener en cuenta eso? Desde el momento que sabemos que toda la materia está compuesta de átomos y moléculas, ¿cómo va usted a enseñar la Termodinámica en el estilo del siglo XIX?, no puede hacerse eso. ‘Ah!, pero nunca hemos enseñado Mecánica Estadística’, bueno ahí es donde se tiene Vd. que romper la cabeza para enseñarla a los muchachos, de forma que ellos lo entiendan» (Alonso M., 1992).

La Mecánica Cuántica, la Relatividad, etc., son aspectos de la Física de reciente descubrimiento, pero que no tienen nada de modernas:

«A los alumnos les debe quedar claro que los modelos construidos no lo son para que la Naturaleza o nuestros gustos se adapten a ellos, sino que se trata de ir describiendo la realidad con mayor precisión usando aproximaciones...

«Entiendo que se habla de Física Moderna en contraposición con lo que se ha dado en llamar Física Clásica. Se utiliza una nomenclatura que no puede sino inducir a error al profano y al iniciado» (Gutiérrez J., 1997).

Los modelos más recientes no han destronado la mal llamada Física Clásica, sino que tienen en ella una aproximación común y que de lo que debería hablarse es de Física Microscópica, o Relativista de altas velocidades, etc.

El profesor Marcelo Alonso finalmente vuelve a poner su acento en la globalización («Actualizando el curso de Física general»), denunciando el estado actual que configura los conocimientos en parcelas, donde la Física más moderna se muestra como otra parcela generalmente añadida.

«Debido a razones tradicionales e históricas, que se remontan a principios de siglo, el curso Física General o de Introducción a la Física (CIF) se quedó más o menos congelado en los años veinte y dividido en cinco áreas diferentes o ‘ciencias’: Mecánica, Calor (o Termodinámica), Sonido (u Ondas), Óptica y Electromagnetismo, y el CIF se enseñó como si cada una de esas «ciencias» fuera independiente de las otras.

El CIF permaneció así, con sólo pequeños cambios y ajustes, hasta el principio de los años sesenta, cuando comenzó a reconocerse que la profunda revolución conceptual y experimental sufrida por la Física durante la primera mitad del siglo XX tenía que ser incorporada de alguna manera en el CIF. Como resultado, se añadieron al CIF algunas de las nuevas ideas de la física, lo que se conoció como *Física Moderna*» (Alonso M., 1992).

Así enfatiza en hacer esa distinción más conceptual que histórica:

«Uno podría decir, por ejemplo, que la Física ‘Clásica’ es la que trata sobre fenómenos para los cuales los valores finitos de la velocidad de la luz y de la constante de Planck son irrelevantes porque las velocidades y las energías son pequeñas comparadas con c o con mc^2 , o que el número de partículas implicadas es tan grande que la cuantización de la energía o del momento angular no aparecen. Entonces la Física ‘Moderna’ es la que trata sobre fenómenos para los cuales los valores finitos de c y h son críticos» (Alonso M., 1992).

1.3. CÓMO LO ARTICULAN LOS DISTINTOS FOROS

1.3.1. Los investigadores

(Los datos se recogen como: «La opinión de expertos», en el Anexo I).

Y esta situación en el aprendizaje de la Física, que muestra el testimonio de expertos, es la que finalmente lleva a la toma de decisiones.

Este trabajo postula, que frente a los factores adversos al buen proceso educacional menos manipulables o de entorno, la principal intervención ha de proceder del profesional de la enseñanza al que compete el diseño del currículo que se desarrolla. Y es que si se quiere dar salida con éxito a una Física en consonancia con sus logros más actuales no podemos proceder por la simple mención, si no que se ha de entrar en procesos de sistematización, los que consideren asuntos como la procedencia de cada parámetro, por qué son importantes, qué resuelve su estudio, qué recursos proporcionan. Y es que el estudio de la Física ahora pasa por una necesaria reformulación, que además haga posible integrar en el Nuevo Paradigma lo que se contextualiza como Modelo Clásico.

1.3.2. Cómo lo articulan los responsables políticos

El foro que mejor refleja el criterio de los responsables políticos es el de las órdenes ministeriales, donde se aprecia cómo éste parece ser sensible a la necesidad de apoyar un currículo de Física actualizado, faltan sin embargo pomenorizar en las indicaciones sobre «cómo» llevarlo a cabo.

La más reciente propuesta, la de 2001 (BOE de 16 de enero de 2001), como las anteriores, sin apenas diferencias de estructura, temporización, niveles..., con las anteriores, muestra preocupación por los elementos de Física más actual (como lo recoge en el 5º Bloque temático de contenidos) y se da importancia a aspectos que refieren el Método científico, lo que se matiza en la mención de sus recursos fundamentales. Así dice: «y comprender... su articulación en Leyes, Teorías y Modelos».

La especificación de contenidos dice: «con el fin de explicar de forma satisfactoria aquellos aspectos que la Física Clásica no puede solucionar, se introduce un tercer bloque de Física Moderna».

La importancia de la Metodología se expresa: «desarrollar en los alumnos las habilidades de pensamiento prácticas y manipulativas propias del método científico, de modo que les capaciten para llevar a cabo un trabajo investigador»; y en el punto 1: «comprender los principales conceptos de la Física y su articulación en Leyes...», vaguedad que deja a lo que cada enseñante estime para la argumentación y estudio de casos.

Y más concretamente:

5º Bloque. Introducción a la Física moderna

Insuficiencia de la Física clásica.

Efecto fotoeléctrico.

Cuantización de la energía.

Dualidad onda corpúsculo y principio de incertidumbre.

Física nuclear: composición y estabilidad de los núcleos. Radiactividad.

Reacciones nucleares. Fisión y fusión nuclear.

Usos de la energía nuclear.

Y cabe preguntarse: ¿qué componentes ontológicos han de incorporar estos puntos?; ¿rigor analítico?, ¿globalización conceptual a unos campos?, ¿a todos?, ¿sólo estudio fenomenológico?... La elección es diversa y abierta a cada enfoque. Luego sí hay una mención sobre los casos más relevantes a estudiar y que su significación ha de atenerse al rigor del Modelo citado.

En cuanto a los factores de entorno como la asignación horaria, al mantener la estructura se siguen planteando las mismas inquietudes que ya se mencionaron anteriormente.

«Por la excesiva pérdida de peso lectivo de las asignaturas de Física y Química...», que está relacionada con la falta de interés de la sociedad por las ciencias en general, y muy particularmente por la ciencia básica, y en la convicción de que al tratarse de materias difíciles resulta políticamente más rentable limitar el tiempo dedicado a su estudio y la correspondiente importancia relativa de las mismas, con objeto de reducir también el mal llamado fracaso escolar.

Gil-Pérez y Vilches dieron cuenta del grave problema: los adolescentes españoles cada vez estudian menos tiempo las asignaturas de ciencias. También **en la Universidad éstas carreras científicas, más vocacionales, están perdiendo estudiantes, frente a otras titulaciones más aplicadas que tienen mejores salidas**» (Gil-Pérez D. y Vilches A. del Grupo de Enseñanza de la Real Sociedad Española de Física, 2000).

Y como se ha señalado, a pesar de que el auge de los conocimientos aplicados: los que facilitan el crecimiento de la sociedad, depende de un desarrollo paulatino de la Ciencia Básica.

Así, la postura más actual de los responsables políticos a la hora de informar los currículos de Física, sí apuesta por una filosofía que pone énfasis en la Física más actual, *pero no tanto* en el «cómo» llevar a cabo las actuaciones. Luego, los contenidos de más implicación en el Modelo del Paradigma actual se posponen al final, donde de nuevo

podrían parecer un añadido en una Física atendida desde el Modelo clásico. La actitud globalizadora se insinúa por la importancia que se suele dar a la Metodología científica. Se dice: «la utilidad del Método científico debe ser un referente obligado en cada uno de los temas que se desarrollen». Y sólo queda interpretar cuál es el alcance de esa utilidad, que se puede así reducir a mencionar que todo pasa por un enunciado de hipótesis, experimentación, o la declaración de leyes y postulados; o extenderla al ámbito más general en señalar: ¿con qué objetos se trabaja, o interesan, a la Física?, ¿cuál es su objetivo?, ¿por qué emplea los recursos que usa?...

No obstante, y como ya se señaló, estos particulares pueden considerarse circunscritos a la tarea particular de cada enfoque, o currículo específico.

Resumen: La naturaleza de los objetos de estudio de la Física, y nuestra capacidad para gestionar su percepción debería ser condicionantes a incidir en la manera de articular finalmente un currículo eficaz.

«¿Por qué sistemáticamente hemos suprimido los capítulos dedicados en los libros de texto a los fenómenos cuánticos? (La Relatividad de altas velocidades no ha gozado todavía de ese privilegio). Me da miedo pensar que nosotros mismos tengamos dificultades para aceptar la veracidad de esos modelos. Las soluciones, obviamente, vendrán de la mano de un cambio radical en nuestra forma de enfocar la enseñanza de la Física.

Para finalizar, afirmo que la Física no es árida, la hemos hecho así los que enseñamos. Consolémonos, porque es un error cometido en la mayoría de países» (Gutiérrez J., 1997).

Y es que aunque el modelo actual es fuente de interpretaciones muy fecundas sobre el Universo, y fundamental para el estudio de fenómenos importantes, como los vinculados a la Física Cuántica y Nuclear, *se especula que las dificultades añadidas no suelen estar analizadas y subsanadas en los materiales curriculares vigentes*, donde de hecho no se han efectuado adaptaciones desde los específicos de estos conceptos (como las efectuadas en Mecánica o Electromagnetismo). Incluyendo consideraciones que a este respecto determinan por ejemplo, qué es lo que se elige y es arbitrario, o qué se estima objetivo, y no convencional.

«Tan sólo son preservadas por la Teoría las características topológicas de los sucesos: esto es, la noción de coincidencia de dos sucesos y la noción de proximidad en espacio-tiempo de los mismos. Por consiguiente, tan sólo estas dos nociones son objetivas o fácticas en el modelo actual; todo lo demás es arbitrario o convencional.

Se trata de un resultado notable. Pues las características del mundo que ahora son objetivas según la teoría de la relatividad, son precisamente las características observables del mundo» (Friedman M., 1991).

2. TEORÍA Y ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. CUESTIONES DEL ESTABLECIMIENTO DE LOS FINES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Introducción

A la vista del problema planteado en el capítulo anterior, los objetivos de la investigación se perfilan y conducen a acciones cuya síntesis se establece en los pasos siguientes:

- a) Poner en evidencia las deficiencias más comunes de la enseñanza del Modelo actual.
- b) Diseñar la forma de presentar una Física universal y unificada al nivel de 2º de Bachillerato.
- c) Aplicar el diseño en situaciones de aulas reales.
- d) Estudiar y comprender las actividades de los alumnos en la nueva situación (modelo).
- e) Desvelar los constructos encontrados en la enseñanza-aprendizaje que se genera, así como aquellas hipótesis o interrogantes que se abran.

2.1.2. La enseñanza de una Física unificada

Necesidad de desarrollar una Física coherente que explique todo el Universo: Física unificada como objetivo preferente a la hora de desarrollar los currículos para la Física de Bachillerato.

Capacidad del Paradigma de la misma como referente para este fin.

Necesidad que parte de consideraciones como:

«A finales del siglo XX el impacto que las ciencias físicas han tenido y tienen en la vida de los hombres son evidentes para todos. Su utilidad se ha puesto de manifiesto en la tecnología; industrias enteras se basan en sus descubrimientos y todo un conjunto de electrodomésticos y otros dispositivos proclaman su eficacia. Sin olvidar su papel como fuente de cambio

social, su influencia en el desarrollo de las ideas, sus implicaciones en el medio ambiente, etc. (Bernal, 1976; Eckert y Schubert, 1991; Sánchez Ron, 1992; Ziman, 1980).

Esta nueva realidad social plantea un doble reto a la enseñanza de las ciencias en general y de la Física en particular. Por una parte, científicos e ingenieros mejor cualificados, para potenciar la competitividad económica; por otra parte, que los ciudadanos dispongan de la información científica que les permita comprender y participar en un mundo cada vez más marcado por el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

En cuanto a los siete grandes núcleos de contenidos en la Física de 2º de Bachillerato parecen los lógicos en una Física para el siglo XXI. Los dos primeros núcleos transversales, son necesarios para familiarizar a los alumnos con la forma de trabajo de los científicos y contextualizar la ciencia... Los cuatro siguientes son necesarios para completar la Física Clásica introducida en la Física y Química de 1º.

Pero, a su vez, esta gran concepción del mundo no pudo explicar una serie de fenómenos y esto originó el surgimiento de la Física Moderna, algunas de cuyas ideas (relatividad, cuántica y Física nuclear) también son introducidas en 2º de Bachillerato» (Solbes J, 1992).

Y lo que sucede es que sus contenidos más actuales se incorporan la mayoría de las veces como una nueva «parte» tratada al final del curso, «si había tiempo suficiente», en una breve mención de casos (efectos relativistas, ley de Planck de la radiación, teoría de Bohr del átomo, radioactividad); la Física «Moderna» (básicamente Relatividad y Teoría Cuántica de la materia) se incluye en los últimos temas bajo ese nombre. Desafortunadamente, este proceso ha dado la falsa impresión de que había «dos» Físicas, «clásica» y «moderna», que podían ser tratadas como distintas o separadas.

«De hecho, sería mejor sustituir los términos ‘clásica’ y ‘moderna’ por ‘newtoniana’, ‘relativista’ y ‘cuántica’.

La Física debe ser tratada en el CIF como un cuerpo de conocimiento, donde lo ‘clásico’ y lo ‘moderno’ sean mezclados en un todo coherente, en una ‘nueva’ Física.

En particular, se debe poner énfasis en la estructura de la materia y, cuando sea apropiado a lo largo del curso, deben incorporarse de un modo significativo la relatividad y la teoría cuántica.

Simplemente para proporcionar a los estudiantes un ‘vistazo’ global, íntegro y coherente de cómo los físicos analizan y explican el mundo físico» (Alonso M., 1992).

Diversas razones justifican plantear una Física de estas características:

- Dar una imagen más correcta del desarrollo de la Física, en la que la Física Moderna es un claro ejemplo de cambio conceptual.
- La creciente importancia de sus aplicaciones en nuestra sociedad.
- El interés manifiesto de los alumnos no sólo por dichas aplicaciones, sino también por aspectos más teóricos.

- Y, finalmente, por contribuir la Física Moderna a una mayor comprensión de la Física Clásica al mostrar sus límites de validez y las diferencias entre ambos paradigmas (MEC, 1993b: 7-8).

«En cuanto a los contenidos, es necesario tener en cuenta el crecimiento casi exponencial de la Física... Hay que seleccionar los conceptos más básicos y generales, es decir, aquellos que reflejan problemas fundamentales de la materia, capaces de generar estructuras» (Solbes, Calvo y Pomer, 1994).

Nadie duda hoy de que la descripción Relativística del mundo es la más correcta de cuantas poseemos, toda vez que al propio tiempo da explicaciones satisfactorias a los hechos que acontecen en el dominio de las altas velocidades, converge hacia el modelo clásico a medida que los parámetros se aproximan a nuestros órdenes habituales de magnitud. La estructura de las leyes relativísticas es tal que, al descender de estas cotas, éstas tienden a convertirse en las leyes clásicas. Dicho con otros términos: «las leyes clásicas no deben ser expuestas sino como la expresión de las leyes relativísticas para nuestro mundo próximo».

Si se quiere una enseñanza-aprendizaje en una línea -tal como se sugiere desde los nuevos currículos-, bajo cuestiones precisas sobre *la forma* en que los científicos abordan los problemas (las características del trabajo científico); los obstáculos que hay que vencer pasan por una construcción del conocimiento, que cómo éste se articula en teorías, y cómo éstas han evolucionado, «así poder transmitir una visión dinámica, no cerrada de la Física» (Calvo y Solbes, 1994).

Sin duda, las dificultades de índole didáctica para la inclusión en el currículo del paradigma moderno de la Física son muchas y muy grandes, pero es un compromiso que no se puede ni debe esquivar. Ignorarlo sería ofrecer a los estudiantes una visión del mundo obsoleta y aldeana, y por supuesto, su formación científica padecería graves carencias. El paradigma moderno de la Física además resulta imprescindible allí donde la Física Clásica fracasa (Física Cuántica, Astrofísica, Física Nuclear, etc.).

La idoneidad del Paradigma actual es además de apreciar por su capacidad de relacionar, definir... Dado que el lenguaje de la Física está altamente estructurado y sistematizado, y que los conceptos más importantes de la ciencia son abstractos..., *el único camino para acercarse a las ideas es el lenguaje, y para ser aprendidas éstas deben ser descritas, quizás imaginadas figurativamente y utilizadas bajo la guía de un lenguaje instruccional.*

«La comprensión de un término cualquiera, el significado de las palabras, no está dado por sus vínculos referenciales con unos objetos determinados, sino que la relación que ellas tienen entre sí es su copertenencia a un conjunto léxico cuyos miembros se definen unos a otros (Fowter, 1974)» (Vera J., 1994).

Cuestiones que los foros más recientes, como el informe de la Ponencia en el Senado sobre la situación de las enseñanzas científicas en Enseñanza Secundaria de 11 de Junio de 2002, parecen secundar:

«Todas las intervenciones han coincidido en la necesidad de aumentar el nivel de los conocimientos científicos de los alumnos que terminan la enseñanza secundaria en España y en propiciar el número de estudiantes que siguen la vía científica en su formación, para evitar que se pueda llegar a comprometer el desarrollo científico y tecnológico de nuestro país en el futuro...

También se ha resaltado que los profesores son y deben ser los agentes activos de toda reforma educativa. En este sentido parece imprescindible introducir cambios sustanciales en la formación inicial tanto para los profesores de enseñanza primaria como secundaria. Además, como las ciencias evolucionan rápidamente, resulta esencial el desarrollo de programas de formación permanente para los profesores. En estos programas deberían participar no sólo las Universidades y los diferentes Organismos Públicos de Investigación sino también, y de forma fundamental, las Sociedades Científicas.

En concreto, se proponen una serie de medidas urgentes que pongan remedio a las deficiencias de la formación científica del sistema educativo actual, y que logren hacerlo competitivo con nuestro entorno europeo para evitar comprometer el futuro desarrollo económico y social de nuestro país.

Recomendaciones y propuestas:

1. Recomendaciones de carácter general:

- 1ª Desarrollar los hábitos de trabajo personal que formen la voluntad y desarrollen las aptitudes de reflexión y razonamiento, imprescindibles para el estudio de las disciplinas científicas.
- 2ª **Propiciar el conocimiento y dominio del lenguaje científico, mediante la perfecta comprensión del léxico científico de cada una de las materias objeto de estudio. Mal pueden entenderse los contenidos si no se entienden los conceptos de las palabras».**

(Informe de la Ponencia en el Senado sobre la situación de la Enseñanza Secundaria, 2002).

Por todo ello es necesario un currículo bajo **un solo Modelo** del que deriven todas las relaciones, proporcionando los conceptos más primigenios, «los que surgen de la realidad y su relación con el mundo de las impresiones sensoriales (Einstein A.)» (Vera J., 1994).

Se citan ahora algunos campos para cuyo estudio e interpretación se precisa el Paradigma actual:

- a) Aquellos que incluyen **procesos de medida de magnitudes**, para los cuales el **nuevo Modelo** es imprescindible por lo que éste aporta al concepto de medir: procedimientos, cómo, referencial, dimensionalidad, postulados que se deben

respetar, etc. Siendo además la medida base de las relaciones matemáticas entre magnitudes que constituyen las ecuaciones físicas.

- b) Aquellos recursos cuyo estudio e interpretación utiliza los conceptos de **espacio-tiempo y dimensionalidad**, para los que la mejor interpretación es la Teoría de la Relatividad, que ilustra el fenómeno de las magnitudes invariantes, base de procedimientos como los del cálculo vectorial.
- c) Los conceptos que conducen a la **interpretación más profunda de las interacciones**, como las de los «campos de fuerzas» Gravitatorio y Eléctrico, y a todo estudio que se derive de ellas, como nuestra propia vida, que discurre entre campos gravitatorios cercanos como los de la Tierra o el Sol..., y eléctricos, formando nuestra propia sustancia. O la tecnología importante asociada a las fuerzas eléctricas y magnéticas cuya íntima explicación se deriva de la transformación de Lorentz de la Relatividad.
- d) Que los Postulados de la Relatividad y las Leyes de la Conservación de la Física Clásica conducen además a uno de los resultados más relevantes en la interpretación de parámetros: **Equivalencia Masa-Energía**, equivalencia en la que además se instruye el actual modelo que interpreta la naturaleza de la energía radiante, el de la Física Cuántica, y de la Física Nuclear, o de partículas.
- e) Finalmente, que el modelo que se configura bajo el nombre de **Física Clásica**, no representa un modelo diferente al de la **Física Moderna**, sino que **el primero se engloba en el segundo** como un caso particular de éste.

2.1.3. El problema de la didáctica de la Física unificada: acciones a emprender

Frente a la necesidad de un Currículo de Física para alumnos de Bachillerato actualizado, su concreción presenta problemas de solución compleja, que se especula, derivan sobre todo de *no disponer de materiales adecuados*. Los habituales suelen estar guiados por programaciones sin un diseño específico que contemple bien su integración. La tradición didáctica que se correlaciona con ellos: de carácter predominantemente «conductista», no resulta la más apropiada para una enseñanza que va a tener como objetivo importante el logro de cambios conceptuales, de los que ahora hay que «persuadir», en todo caso por su acuerdo y consistencia con lo que se sabe y la metodología.

Los intentos efectuados para «modernizar» los contenidos de Física no son satisfactorios, fundamentalmente por haber sido «proyectos» basados en el recurso de «añadir».

Los profesores en general, se ha dicho, no saben bien cómo tratar los contenidos de Física Moderna en Bachillerato, y lo que se hace es seguir fielmente lo que dice el libro de texto, (a menudo poco adecuados para ellos).

«**La ausencia de textos y materiales que introduzcan en nuestro país la Física Relativista a este nivel está provocando que no se enseñe en la Física de 2º de Bachillerato o que se imparta a un nivel elevado porque se utilizan textos de Física General**» (Solbes J., 1996).

«El intento de enseñar conceptos de Física, cuando el alumno carece del instrumental matemático necesario para su comprensión, puede conducir a aprendizajes memorísticos o erróneos» (Vera J., 1993).

«Deberíamos aprender los enseñantes a mostrar el aparato matemático en su justa medida y dar más énfasis al fenómeno físico en sí» (Gutiérrez J., 1993).

Una ausencia de materiales estructurados en torno a integrar estas cuestiones hace que lo que se destine a ese nivel sea copia o adaptaciones poco logradas de los de un nivel superior.

«**Así, en algunos textos de BUP y COU analizados, aunque se introduce el efecto fotoeléctrico o los espectros atómicos, no se muestra la incompatibilidad entre los resultados experimentales y las explicaciones que de los mismos proporciona la Física Clásica, lo que originó su crisis**» (Solbes J., 1996).

Y el análisis de los materiales más actuales, como los creados para LOGSE, presentan idénticas características.

Lo que más se ha hecho para enseñar Física actual, en general, son trabajos con carácter esporádico, como la opinión desde artículos, seminarios, cursos..., pero no se han convertido en materiales de uso común.

«La Física Moderna en sus casi 100 años de existencia ya ha tenido tiempo para desarrollar unas formas de enseñanza, como veremos en los apartados de este trabajo, aunque a lo mejor no son tan conocidas por el profesorado de Secundaria» (Solbes J., 1996).

«Las fuerzas de inercia carecen de reacción, su empleo dificulta la comprensión del 3er principio de Newton, y su aplicación indiscriminada y con poca reflexión (Carrascosa y Gil, 1985) puede llevar a considerar las fuerzas centrífugas como reales... Este es un error común entre alumnos de cursos avanzados... (Vázquez, 1994)...» (Herrero F., 1997).

Y en relación al mismo asunto, el de eludir los problemas conceptuales :

«Prescindir del sistema de referencia desde el que se realizan las observaciones, o ignorar los problemas históricos que llevaron a su introducción en el cuerpo de conocimientos de la Física no contribuyen a un aprendizaje realmente significativo, ni a la adquisición de una visión del problema epistemológicamente adecuada» (Oliva J. y Ponte A., 1996).

También los alumnos que opinan sobre la Física que quieren aprender, manifiestan acuerdo con que la enseñanza actual de secundaria tenga un enfoque hacia la Física más actual (alumnos encuestados: 2º de Bachillerato, 1996).

Un trabajo de investigación ahora inductor del enfoque que propicie la buena instrucción deseable, pasa necesariamente por señalar primero en qué se está fallando, y luego precisar lo que se estime necesario para poder incorporar satisfactoriamente los contenidos en ciencia más actuales.

Será herramienta útil nuestro ámbito de trabajo como docentes; y un material importante, el bagaje de datos extraído de la labor didáctica que otros han realizado.

«Presentación y debates constituyen una actividad regular del trabajo en equipo y la forma de comunicación de la comunidad científica..., el reduccionismo experimentalista es uno de los muchos defectos que los profesores solemos transmitir sobre la naturaleza de la ciencia» (Gil D., 1993).

Esta investigación en sus comienzos así va a reflejar en gran medida ese tiempo empleado en leer y escuchar a los demás; contra la visión que asimila trabajo científico a casi exclusivamente trabajo de laboratorio, no se deja de lado la estrategia investigadora que surge de la lectura.

Por último, como en todo trabajo de investigación, la experimentación que ahora ha de centrarse en aquellos logros y fracasos de la enseñanza-aprendizaje derivados de la actuación.

2.2. PLANTEAMIENTO DE LAS PROPUESTAS DE TRABAJO

2.2.1. Enunciado de las propuestas

La problemática señalada tiene que ver con el particular tipo de aprendizaje que los psicopedagogos denominan cambio conceptual, y que consiste en sustituir conceptos o esquemas de pensamiento arraigados, por los menos próximos del Modelo Relativista. Y dado que el conocimiento se construye con lo que se integra, y las ideas preconcebidas, cuando éstas como es el caso han de ser drásticamente modificadas, los recursos del aprendizaje deben acentuarse.

Llegados a este punto, el análisis de la clase de actuaciones que frente al problema se vienen realizando (con más o menos éxito), junto a la plasmación de las ideas que este análisis sugiere en un proyecto curricular, puede dar lugar a enfocar las cosas de un modo

más efectivo: proyecto que paulatinamente desarrolle el modo de presentar una Física más cosmológica y coherente.

La filosofía que así emerge para un nuevo enfoque se alimenta por un lado, del ejercicio de reflexión ante los problemas de la enseñanza/aprendizaje por cambio conceptual; y por otro (y que en primer lugar se enjuiciará), cómo dichos problemas son resueltos, o ignorados..., en las epistemologías de los proyectos o materiales curriculares de uso habitual. (A este trabajo se circunscribe la *primera proposición* y su «verificación»). (Anexos I y II).

Una *segunda* luego, apunta sobre qué recursos pueden ser los necesarios, además de disponibles, para un enfoque que se presume efectivo frente al problema. (Anexos III y IV). Por último se procede al análisis de lo que como respuesta a la *proposición tercera*, va a ser su impacto real en el aula. Investigación que se desarrolla en los capítulos siguientes. (Anexo V).

Y de lo que se trata ahora es de adoptar pautas generalizables, huyendo de «añadir simplemente los contenidos», falta de sistematización. Un alumno adiestrado en la búsqueda de lo general o en la idea de que cada recurso es consistente con otro anterior, no se para ante los problemas diciéndose: «vaya, este caso no lo recuerdo, o no lo he visto»; sabe que cualquier proceso ha de tener un hilo de actuación que es común y la resolución sólo pasa por averiguar el sesgo en la discrepancia de actuaciones. Dotada la pedagogía de las herramientas necesarias, las trayectorias cognitivas, los recursos empleados, las limitaciones, los conflictos, los logros, deben ser ahora semejantes entre los contenidos de ambos Paradigmas (aspecto crucial en la investigación que posteriormente se hace).

Asimismo la evaluación deberá también ser definida de nuevo como explicitación de lo que se hace, más que en hacerlo, por ejemplo, por qué se estima pertinente arbitrar tal recurso, qué pasos fundamentales lo integran, qué experiencias lo acompañan, o en qué líneas analíticas y en qué supuestas verdades (leyes o principios) se cimenta, etc. Es decir, poniendo el énfasis en la generalización de las actuaciones, consecuentemente con la filosofía que ahora se adopta.

Se contextualizan finalmente:

Proposición 1:

«No es posible una enseñanza actualizada y coherente de Física en Bachillerato instituida en los bloques de recursos y materiales habituales».

Proposición 2:

«Dicha enseñanza es posible mediante el empleo de nuevos materiales didácticos, que han de sustituir en parte y conexiarse con los actuales»: y cuya principal característica será proporcionar un enfoque cuya epistemología adecúe la enseñanza de una Física unificada, y aquellos recursos instruccionales (variables) capaces de hacer consistentes con la misma todos los contenidos.

Proposición 3:

«Al aplicar un currículo de Física animado por las proposiciones 1 y 2, los alumnos exhiben una actitud favorable ante el mismo, ‘funcionando académicamente bien’, y los conocimientos que ellos adquieren se aproximan más al modelo de la Física unificada que los conocimientos que se adquieren en el seno del modelo curricular tradicional».

2.2.2. Fundamentos y validación de la primera proposición

Se hará un recorrido más o menos sistematizado por aquellos materiales sobre el tema, o cómo estos problemas han sido contemplados por otros investigadores. Se procede así a la revisión en su secuencia y contenidos de textos didácticos y programas (lo que implica como método una recogida de datos a través de «artefactos», que en este caso son documentos escritos); mostrando los tipos de fenómenos que se quieren destacar, principalmente carencias (como las de esquemas conceptuales o aquellas indicaciones para establecer una jerarquización de los contenidos). (Anexos I y II).

Este análisis de materiales pone en evidencia un perfil en la enseñanza de Física de Bachillerato que no se estima suficiente para lograr un aprendizaje significativo y moderno de la misma. Los argumentos en apoyo de este aserto (que en el Anexo II se desarrollan), se resumen así:

Denominadores comunes

Los materiales para didáctica de la Física de Bachillerato (incluidos los de Bachillerato -LOGSE-) presentan en su diseño, características comunes que se piensa, pueden ser la causa de las dificultades de aprendizaje:

- 1º Carencia en su introducción de un «mapa» conceptual que signifique desde el comienzo, relacione, declare o justifique todos los contenidos de acuerdo con el «modo de hacer» de la Ciencia.
- 2º Una presentación de los contenidos, que como consecuencia de la anterior carencia, es desestructurada, arbitraria a veces, no obedece a intención alguna y *no da significado a unos términos en función de otros.*
- 3º Existen lagunas conceptuales en ciertos asuntos o en bloques de contenidos completos, como los que tienen base en el Modelo actual, confirmándose que el Currículo no se corresponde con el Paradigma.

«En algunos textos de BUP y COU analizados, aunque se introduce el efecto fotoeléctrico o los espectros atómicos, no se muestra la incompatibilidad entre los resultados experimentales y las explicaciones que de los mismos proporcionaba la Física clásica, lo que originó su crisis. Tampoco se tienen en cuenta las diferencias entre la Física clásica y la moderna ni los límites de validez de la primera. Además, dicha introducción va acompañada de errores conceptuales, por ejemplo se considera el electrón como una onda o como una partícula, u onda y corpúsculo a la vez, o como si fuese una partícula ‘asociada’ a una onda. Son muy pocos los que clarifican que los electrones, fotones, etc., no son ni ondas ni partículas clásicas sino objetos de un tipo nuevo. En cuanto a las relaciones de indeterminación, algunos parecen atribuir las a una falta de precisión de los instrumentos.

Otros afirman que ‘el electrón no se puede localizar con precisión’, cuando en realidad cada magnitud característica de los fenómenos atómicos puede ser medida con tanta precisión como queramos. La imposibilidad se refiere a la determinación simultánea con precisión absoluta de dos magnitudes conjugadas» (Gil y otros, 1989; Gil y Solbes, 1993).

Un repaso más pormenorizado de estos tres apartados, advierte:

En relación al primero:

No existe en los materiales curriculares vigentes o no sugieren cómo se ha de proporcionar el esquema que dé la visión de conjunto de los contenidos de la asignatura, que defina o caracterice sus fines u objetivos, donde los modelos, leyes o postulados actúen como herramientas supuestamente válidas. Introducción que podría constituirse tomando como hilo conductor el propio «método científico», o «hacer» de la Ciencia.

En los currículos oficiales, como el de LOGSE, o de 2001 (LOCE) se sugiere esa posibilidad y se encomienda esa tarea a los bloques temáticos primeros y a los objetivos; pero de hecho *no se acompaña luego con la referencia firme de las pautas para llevarla a cabo* que es tarea de los materiales que se han de crear.

La falta de una introducción que estructure los contenidos jerarquizándolos o clasificando su función desde un objetivo (las aclaraciones en estos aspectos suelen ser parciales), da lugar a un planteamiento de la asignatura desarticulado y con lagunas conceptuales, como se señala en los puntos que siguen.

En relación al segundo:

Un recorrido por el índice de textos y programaciones pone de manifiesto que éstos se constituyen en una adición de contenidos sin explicitar sus derivaciones jerárquicas, tampoco la distinción sobre el tipo de concepto que se trata: definición, descripción, ley, modelo, teoría o procedimiento; y apenas mención de en función de qué conveniencia o necesidad se han hecho objeto de estudio. En cada tema se combinan sin clasificar lo que tiene procedencia fáctica, con lo que debe ser deducido; o lo que representa específicamente aplicar un procedimiento para obtener un resultado, o relación, resolver la concurrencia, la complejidad o las dificultades derivadas del tamaño o las cuantías, etc.

Los contenidos se mezclan, cada uno con declaraciones que parecen particulares, objetivos y procedimientos no parecen asuntos de carácter general. A veces por la falta de

plan generalizador inicial se toma un caso particular para la presentación de una ley, dejando así confusa su extensión a otras parcelas.

Esta escasa planificación comúnmente da lugar a un comienzo con destrezas en resolver procedimientos: generalmente los del «cálculo vectorial», sin mención al plan que justifique el uso de los mismos. Sí suele hacerse una breve alusión a que hay magnitudes escalares y vectoriales, «se ponen ejemplos y se dice que «estos últimos son los que se representan de tal y cual forma...», es decir se usa como definición la propia representación; o bien sólo se les nombra, es el caso de la masa o el tiempo..., en vez de detallar el concepto de fondo que depende del modo en que se perciben desde nuestros sentidos y recursos, apreciaciones como que la masa es inseparable del concepto de interacción, o del de inercia, conceptos ligados a su vez a los de separación en la posición y en el tiempo se omiten, o especificaciones como que la multidimensionalidad de dicha posición es el origen del recurso de los vectores.

De la declaración de intenciones previa, como «el por qué» la Física necesita de magnitudes en general, cuántas son; o por qué los entes geométricos, como los vectores, resultan ser de utilidad..., no se suele decir casi nada. Por ejemplo, que por su comportamiento acorde con el axioma de la suma son útiles las magnitudes que por el mismo se las puede relacionar, medir o evaluar, y predecir o comprobar su comportamiento.

El conjunto de contenidos que suele ir a continuación, es el que define y trata «la cinemática» en la ecuación del movimiento. Su presentación no suele acentuar el papel de estas ecuaciones como objetivo **para todos los campos de la Física**, bajo recursos también generales, y ser el instrumento idóneo para el objetivo en determinar la evolución de *los sucesos*.

El papel del referencial o su dependencia con un Modelo de comportamiento suele estar desdibujado, a pesar de que de ello dependen los valores relativos de los parámetros en el nuevo Paradigma y la estructura de las leyes. Los bloques tales como gravitación o electromagnetismo..., parecen fenómenos poco relacionados con los «sucesos» y sujetos a idénticos procedimientos, fuera del plano general. Los parámetros energía o momento, elementos que deberían definir las interacciones como factor de intercambio en ellas, aparecen seccionados como fenómenos separados a pesar de ser las leyes que rigen dichos intercambios los fundamentos teóricos más importantes; y al obviar al principio el Modelo Relativista no adquieren su relevancia conceptual como intercambio de partículas. Los fenómenos que se denominan magnéticos también quedan confundidos como una interacción más.

Luego en igual categoría, sin hacer división, se tratan temas como dinámica de rotación, ondas u óptica, etc., sin una mención muy específica de que en realidad representan una aplicación de la teoría o modelos anteriores a casos concretos

En relación al tercero:

La ausencia de una declaración primera del «Modelo» bajo el que se va a trabajar, como conjunto de supuestos que tomamos como verdades finalmente plantea problemas.

No se introduce el grupo de transformación que unifica toda la Física, y aspectos afectados por el mismo, como la medida relativa entre todos los parámetros (por ejemplo de aplicación en las «fuerzas de inercia»).

Pero sobre todo no se adecúa así el enfoque significativo a los temas que se recogen como «Física Moderna», los que con base en los postulados de la Relatividad y su principio más relevante: la equivalencia masa y energía, proporcionan las leyes y procedimientos a la ecuación de estado de los sistemas caracterizados por el tamaño «microscópico» del objeto, y del entorno de interacción: Física Cuántica y los de la energía asociada a las interacciones nucleares. Los textos en general, se conforman con «rellenar» estos bloques temáticos con la descripción o alusión a las experiencias que confirman el modelo, importantes sí, como el efecto fotoeléctrico o Compton, etc., y el estudio de casos, pero sin esclarecer definitivamente las bases que sustentan las teorías que se aplican.

Los ejemplos puntuales de apoyo a estos juicios se exponen en el Anexo II.

2.2.3. Las actividades del desarrollo y validación de la proposición segunda. (Materiales didácticos bajo un enfoque nuevo)

Introducción

«Como ya hemos dicho, el problema de la Física Moderna es cómo se enseña. En efecto, en trabajos anteriores (Gil y otros, 1988; Gil y Solbes, 1993) hemos detectado mediante análisis de textos y cuestionarios de profesores de secundaria, que dicha enseñanza se plantea en la mayor parte de los casos sin tomar como punto de partida las dificultades insuperables que originaron la crisis de la Física Clásica ni los límites de validez de ésta, etc.» (Solbes J., 1996).

A la hora de incorporar el Paradigma actual en el currículo, **NO se aborda de raíz el problema que ello supone**, en general prima el recurso de «añadir» simplemente lo que se refiere a estos temas. Su inclusión a veces cronológica con la historia puede proporcionar algún dato interesante en relación con los objetivos generales, pero no se resuelve el problema principal: que es el de que estos conocimientos se integran difícilmente en un contexto con planteamiento básicamente clásico, recurso además INVIABLE en una programación que debe ajustarse a un horario inextensible.

El enfoque que aquí se propone y será objeto de investigación es **aquel que plantea el estudio de la Física: EN UNA REFERENCIA CONTINUA al Paradigma de la Física actual**. Un enfoque en que se asume la estructura y significación de todos los contenidos de acuerdo con los Métodos de la Ciencia, ya que la Física es una aplicación de los mismos. Ello no quita que a lo largo del estudio se citen los casos o incidencias que se consideren relevantes y esclarecedoras como es el uso del Paradigma newtoniano.

Es ésta una propuesta nueva pero necesaria, en un momento el actual, donde en palabras de Domingo A. García se puede afirmar:

«La revolución que supuso su irrupción -se refiere a la Física Moderna- es comparable, de acuerdo con Rohrlich, a las revoluciones darwiniana y copernicana» (García D., 1996).

No comenzar hoy el estudio de la Física desde el Modelo actual, sería lo mismo que explicar las leyes de Newton, relatando previamente aquellos modos de concebir el comportamiento de los fenómenos físicos hasta las citadas leyes, cosa impensable.

Nadie duda en declarar las leyes, modelos, constataciones experimentales, sus aplicaciones inmediatas en el Paradigma Clásico sin entrar en lo que se «pensaba» que sucedía antes de ellas, es incoherente no tratar la Física actual con el mismo criterio. No hacerlo conduce las mencionadas faltas en la selección, tratamientos largos y superficiales, desestructuración, etc.

«Es necesario seleccionar la materia a estudiar, sin pretender ver todo lo que consideramos importante, pues ello conduce a tratamientos superficiales que deforman la imagen de la ciencia y no proporcionan conocimientos durables» (Alonso M., 1994).

El modelo clásico está muy arraigado y es más conforme en apariencia con el sentido común. De forma innata tendemos a considerar los espacios, tiempos y energías como independientes de todo posible sistema de referencia, y nos resulta duro atribuir a estas magnitudes un carácter relativo, y concebir que las mediciones que de ellas podamos hacer, dependen del sistema de referencia desde el que lo hagamos. Pero si la Física que deben aprender nuestros alumnos debe responder a su vocación de «dar forma matemática a las leyes universales», resulta obvia la necesidad de adoptar en el aula el modelo más universal o Relativista, implicándose en las grandes dificultades que ello comporta.

Si los nuevos conceptos, esquemas o teorías, se quiere sean aceptados sin mayores problemas a la significación, *el proceso cognitivo requiere que se les confiera verosimilitud; es decir, que se les haga consistentes con lo que se tiene por cierto, y en ese empeño es en el que los recursos pedagógicos deberán centrarse.*

Los objetos que debe atender son los del ámbito científico: conceptos, proposiciones y teorías; ha de precisarse en primer lugar qué se entiende por los mismos:

- Los conceptos: como la clase de fenómenos o atributos utilizados para organizar el mundo (principalmente a través del lenguaje), físicos o abstractos.
- Las proposiciones: como las relaciones entre categorías o conceptos; lo que constituye los postulados y esquemas; relaciones que pueden ser de naturaleza causal, correlacional o descriptiva.

- Las teorías: complejos creados del desarrollo de un conjunto de proposiciones o generalizaciones interrelacionadas de un modo sistemático, que se distinguen de los constructos no científicos en que satisfacen los criterios marcados por las reglas del método científico, y son aceptados por la comunidad científica (como las del ámbito de la Física).

Así, *un primer paso que como variable educacional* en la epistemología del enfoque que se ha de dar, será el *conjunto de estrategias que actúen en base a la consistencia*, lo que supone que sistematizadamente, sin subterfugios, lagunas, ni ambigüedades, *se declaren los conceptos, proposiciones y leyes de la Física, así como su origen, utilidad y dependencias*, y el trabajo debe responder a ese empeño por dar credibilidad a las nuevas ideas. Los fenómenos observados no son fortuitos sino causales, y consecuentes con leyes y teorías.

Una *segunda variable importante* en lo pedagógico, será luego todo aquello que involucre dar *la comprensibilidad debida a cada término*. Lo que implica no obviar el *constructo que en cada momento relaciona con lo ya sabido (concepto inclusor, o signifiicante)*. Tarea imprescindible luego, a la capacidad de poder cambiar el valor relativo de las ideas cuando ello sea necesario.

Son estrategias éstas en las que ahora se piensa, que en realidad tratan de mimetizar los esquemas en los recursos educacionales habituales, los que «de éxito» atienden el Paradigma Clásico, pero que usados inconscientemente como conocimiento ubicuo, no se para a pensar en lo que se hace, *y ahora se especula que precisamente, por la poca explicitación, falta de rigor y reflexión sobre los pasos que se desarrollan*, no sirven cuando se deben introducir las modificaciones que conllevan los nuevos esquemas conceptuales.

Pero es que además, el diseño no sólo ha de responder a las necesidades apuntadas, el tema que ahora emerge como último problema a resolver, es que cualquiera que sea la propuesta curricular ha de ser una propuesta que tenga viabilidad. (Se puede considerar como una tercera variable instruccional). Tan importante como no obviar los conceptos inclusores necesarios a la consistencia, es la actitud de no perderse en lo superfluo por «interesante que parezca». Ahora la variable pedagógica representa *una selección* de los recursos y contenidos. Una forma de exponer en la que lo que se estime necesario sea además lo suficiente. Es una variable que curiosamente contempla lo que no se dice, que enfatiza en la síntesis y que detalla.

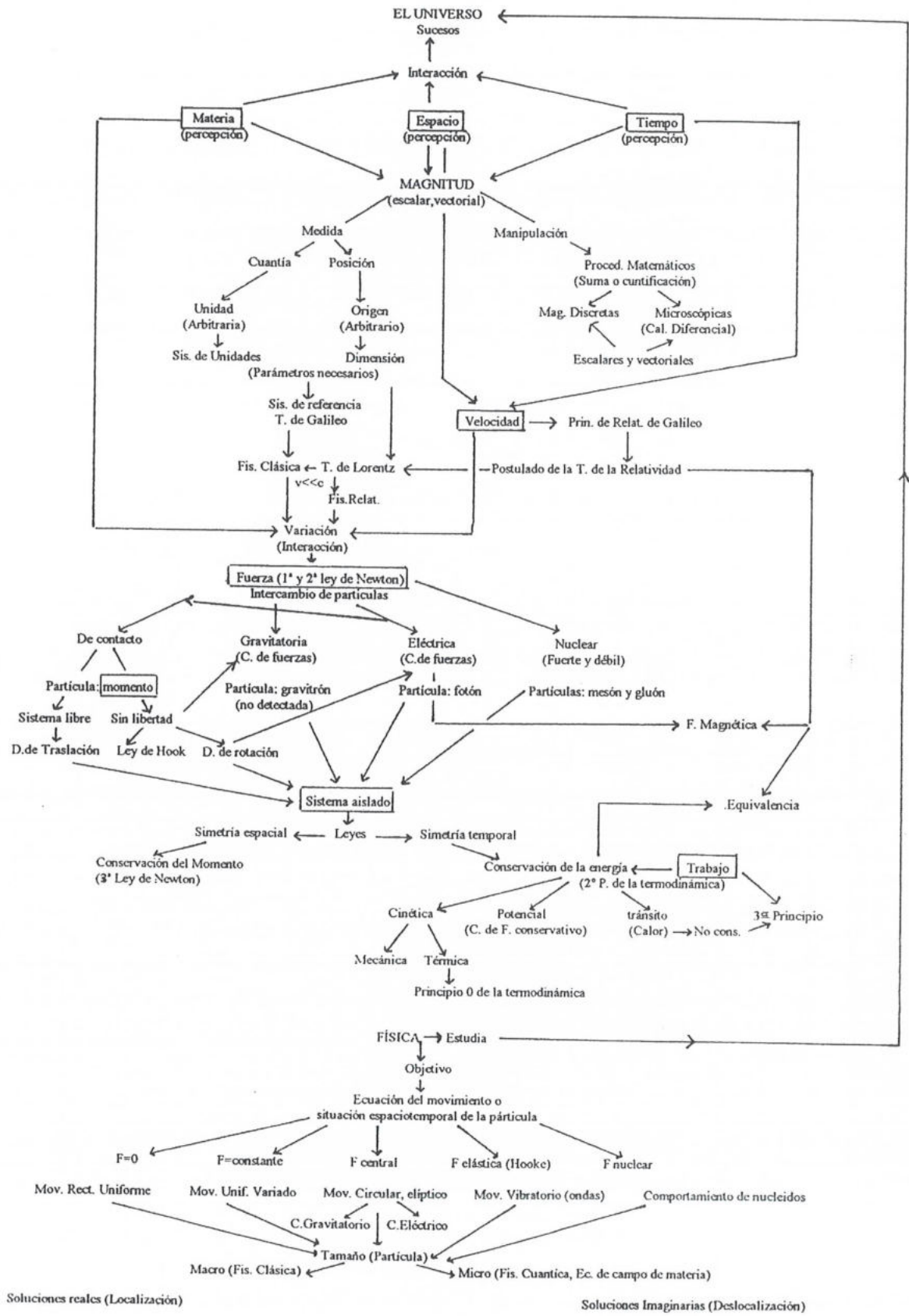
El enfoque finalmente puede venir de la mano de cualquier idea, recurso o material pedagógico que esté suficientemente claro en la mente del profesor. Aquí se explicita bajo materiales instruccionales, que hacen indicaciones sobre qué añadir o qué sustituir en los planteamientos más generalizados. Ciertamente el problema no está tanto en resolver las cuestiones en torno a dar significación (muchos proyectos se involucran en ello generando ideas útiles quizá a alguna concreción). De lo que aquí se trata, es que además de atender la complejidad de unos objetivos instruccionales, éstos puedan ser integrados sin mayor problema en un currículo general de Física (sin menoscabo del mismo, o recortes), que

en su propio objetivo tiene concluir en ciertas capacitaciones que no deben ser menguadas. Así, si la propuesta no posibilita una integración con eficacia y es consecuente con los fines de la asignatura, el trabajo no se estima satisfactorio.

Los recursos que este trabajo aporta, son por un lado, algunas U.D. de mínimos en el desarrollo de la Física Moderna o Relativista, para incluir en cualquier ontología, y además los que ofrecen el marco en el que los propósitos de unificación del currículo señalados, se contextualicen (Anexos III y IV). Y su aplicación será el elemento de análisis para inspeccionar dichos recursos, así como el del ámbito educacional en su generalidad.

Como ejemplo de los mismos se sigue con el más elemental de estos recursos, el que como mapa conceptual servirá de introducción a la asignatura, sus objetos de estudio, objetivos y recursos. Un esquema que además trata de revelar el papel y relación de los Modelos, clásico y relativista, bajo una visión que abarca todos los campos de la Física.

Ahora, un currículo no es completo, si no hace indicaciones en torno a «cómo» evaluar. Conviene a este respecto no confundir que bajo este enfoque, *no va a ser lo mismo «imprescindible para la instrucción, que mínimo exigible en la evaluación»*. La mención de los pasos que llevan de un concepto a otro, en ese cuidado de no obviar ninguna cadena de significantes en la instrucción, no supone que los mismos en su literalidad, deban ser objeto de evaluación.



2.2.4. Resumen de cómo los principios y declaraciones acerca del Paradigma moderno de la Física informan nuestra investigación. La que representa ahora las actividades en el análisis y respuesta a la tercera proposición.

Los datos que configuran el proceso de verificación de la 1ª (Anexos I y II), proporcionan como respuesta un enfoque curricular, contextualizado en materiales de apoyo (Anexos III y IV). Las intenciones se centran ahora, en averiguar el alcance de los mismos en los campos del propio devenir de la enseñanza, lo que constituye la fase de investigación que da comienzo.

A partir de aquí lo que se pretende es obtener alguna respuesta en torno a las actitudes, o al impacto que las variables del enfoque producen en el binomio enseñanza-aprendizaje. Y lo razonable es aspirar a que el efecto encontrado sea el de cierta fertilidad en las relaciones, pero el análisis del conjunto de significados que se otorgará a las acciones, tratará de reflejar las dimensiones de la realidad implicada.

Por ello es necesario proceder a describir y reconstruir de forma sistemática, lo más detalladamente posible, las características de las variables, *generar y perfeccionar categorías conceptuales que representen la acción causal de las mismas, descubrir y validar asociaciones entre parámetros, o comparar constructos y postulados a partir de los fenómenos observados en un escenario, o bien entre distintos escenarios.*

Y lo que se analiza no es tanto la cota en el conocimiento, sino más bien la clase de fenómenos ligados al aprendizaje según el diseño que se ha proyectado.

Y lo que con mayor cuidado se debe especificar en esta fase empírica, que incluye actos como: contrastación, asociación, descubrimiento o verificación, es esa relación entre la naturaleza de las variables educacionales arbitradas y los demás parámetros del proceso; ya al proceder al análisis de materiales (Anexo II), se hace *un primer catálogo de las mismas.*

La primera, que recomienda una adscripción o ajuste a un plan de trabajo en sintonía con la Metodología científica, con un desglose en: a) los objetos de estudios; b) los objetivos (ecuación de estado), que incluye la forma particular del lenguaje instruccional que requiere la Física; c) los recursos (que incluyen los Modelos).

La segunda, la necesidad de dar la mayor continuidad y relación a todos los contenidos, que en sintonía con las indicaciones epistemológicas de más consenso, se contextualice en que no se dé laguna conceptual alguna, ni en lo analítico, ni en lo conceptual ni en lo descriptivo. En ningún caso por aridez o complejidad se deben eludir, aunque sí esquematizar y resumir (y otra cosa además es que se piense, formen parte del bagaje de contenidos de la evaluación).

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN. LOS FUNDAMENTOS DE LOS JUICIOS DE LA PROPOSICION TERCERA

Introducción

El trabajo ahora se instala en el conjunto de actividades que los científicos del ámbito educativo, con base en las técnicas cualitativas suelen utilizar. Técnicas que informan de los procesos tal y como éstos ocurren naturalmente; luego, los resultados se examinan dentro de un fenómeno global. La etnografía educativa ha sido empleada en estos casos para la evaluación, la investigación descriptiva, y la teórica; generalmente en escenarios pequeños, relativamente homogéneos y geográficamente limitados.

Esta investigación está basada en el estudio de caso, una recogida de datos hecha observacionalmente mediante un sistema de categorías, y un proceso de investigación participativa, esto es: quien investiga es la propia profesora que interactúa con los alumnos.

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

«La perspectiva cualitativa ha provocado la necesidad de reconocer que haya áreas de conocimiento, y la educación es una de ellas, rotos ya algunos mitos sobre la objetividad pretendida y el total aislamiento del sujeto investigador..., que no es ‘alguien anónimo’ se sabe quién piensa, valora, decide, interviene..., donde la investigación necesita hacerse evaluativa, donde es necesario sacar a la luz y tener en cuenta la multiplicidad de factores y de valores que entran en conflicto en cualquier realidad social y a la que el propio investigador no es ajeno.

Ampliando los márgenes de la comprensión científica, hacer ciencia, descubrir ‘verdades científicas’ de las que puedan derivar principios para la interpretación, comprensión e intervención científicamente fundamentadas sobre los fenómenos estudiados, deja de ser exclusividad del paradigma estadístico-experimental.

Pero conviene no confundir las dos perspectivas, pues se corre el riesgo de mezclar planos conceptuales y de intervención distintos con la consecuencia subsiguiente de esperar de un método de investigación lo que en la misma concepción del método no está comprendido.

Por ejemplo, cuando se trata con grandes masas de datos y se esperan de ellos resultados matemáticamente interpretables, y donde se pueden identificar los atributos medibles y desarrollar instrumentos para ello, el método experimental (o cuantitativo) será el más adecuado» (Gardner, 1977, p. 591).

«Cuando se busca comprender el comportamiento de los sujetos implicados en un proceso, intentando captar el propio proceso en su totalidad, las interacciones y significados entre los sujetos entre sí y de los sujetos con el medio ambiental, sin dejar de lado variables imprevistas..., lo más apropiado será partir de un enfoque cualitativo» (Cook y Richardt, 1986).

En cualquier caso cada una de las metodologías dispone de una amplia gama de técnicas para la recogida de información válida, sobre la que basar los conocimientos que explican los fenómenos estudiados. A veces puede resultar fácil lograr acuerdos para un trabajo conjunto.

Entrando en mayores precisiones, una triple diferenciación puede aclarar dónde situar conceptos que en algún proyecto pueden ser coincidentes, sobre todo cuando no existen diferencias establecidas entre investigadores, evaluadores y profesores, ya que éstos son los que investigan, evalúan y desarrollan programas.

Así desde el enfoque cualitativo se establecen tres tipos diferentes de investigación: evaluativa, pedagógica, y en la acción.

En la evaluativa, el investigador suele estar con frecuencia contratado por un agente para describir y evaluar un programa de cambio con el fin de mejorarlo o suprimirlo.

En la investigación pedagógica, suele ser una persona comprometida con la educación, que quiere utilizar el enfoque cualitativo para hacer lo que considere más conveniente, bien sea para mejorar la enseñanza en general, o su propia enseñanza, o bien para *reflejar el grado de eficacia que tiene su tarea, o cómo puede mejorarla* (presente caso).

En la investigación en acción, se actúa como ciudadano que pretende influir en el proceso político a través de la recogida de información.

Ahora, en relación a los tipos en el método:

3.1.1. El diseño etnográfico. Su papel y relevancia en la investigación presente

«El estudio etnográfico de casos no sólo puede verificar proposiciones teóricas, sino que brinda sugerencias para hacer más eficazmente el *procedimiento en la tarea*. Lo interesante es que la lógica de la descripción y de la inferencia se extiende a través de los métodos» (Goetz J. y Le Compte M., 1988).

Hace tiempo, la idea incuestionable era que la forma y clase de relaciones causales que se encuentran en la naturaleza, como las de la Biología, Física o Química, eran en esencia similares a las que rigen el mundo de las ciencias sociales.

En el ámbito de la educación, un grupo de teorías fuertemente influidas por ese reduccionismo teórico y metodológico, decidió y legitimó cuál era el conocimiento verdadero: conductismo, como una búsqueda de leyes universales de la conducta humana, con una atención exclusiva a los comportamientos observables, y su afán puesto en la precisión y cuantificación de acciones y comportamientos. La investigación que se derivó de esta óptica se comportó en sus análisis acerca de la eficacia de los profesores de igual manera.

Las respuestas alternativas a esta concepción de la realidad y de las teorías sociales, vinieron principalmente de lo que podríamos llamar la teoría crítica social, que argumenta la necesidad de análisis y reflexión, sobre las circunstancias sociales en las que se producen y obtienen tales datos. Nuestras acciones están condicionadas por los significados que otorgamos a las acciones, a las personas, y a los objetos con los que nos relacionamos, (dimensiones de la realidad).

En general, los modos empleados por los científicos sociales son: la etnografía, el estudio de casos, el análisis de muestras, la experimentación, la investigación y los análisis histórico o de fuentes documentales; de forma que cada uno, capta aspectos distintos de la experiencia humana.

El estudio de casos es adecuado para un análisis intensivo y profundo de pocos ejemplos de ciertos fenómenos.

El análisis de muestras se aplica normalmente a un número menor de aspectos de los fenómenos estudiados pero abarca más casos.

La orientación naturalista, fenomenológica y holística son típicos de la etnografía y contrastan con el enfoque positivista de la experimentación, con la importancia que ésta concede al control y lo particular. Luego el análisis histórico y de fuentes documentales, se diferencian de las anteriores en que estas últimas se basan en los testimonios del pasado, mientras que para las primeras (y en particular las etnográficas) la fuente de datos más importante es el comportamiento actual; y difieren estos modelos de los diseños de simulación, por su mayor proximidad a la observación empírica; y la observación estandarizada con la etnografía en su aplicación a escenarios no artificiales, al igual que el análisis de muestra experimental suele enfocar aspectos particulares de una multiplicidad de casos de un fenómeno.

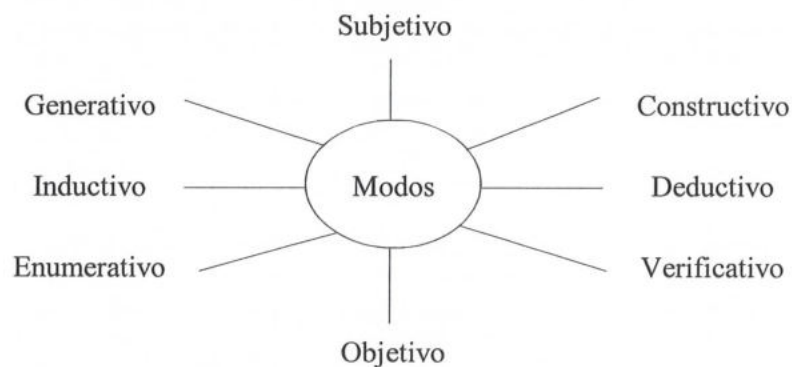
Sin embargo, lo frecuente es utilizar combinaciones de técnicas. Por ejemplo, la de la recogida etnográfica de datos, con estrategias de análisis de muestras o experimental, combinación que interesa en el presente caso.

«Las investigaciones etnográficas son una de las alternativas que recogen esta nueva filosofía interpretativa y reconstructiva de la realidad, bajo ellas se acogen como término definitorio, tanto las etnográficas como la llamada investigación cualitativa, estudio de casos, de campo...

Si entendemos por categoría la clase de fenómenos y atributos de éstos, utilizados para organizar el mundo (sus relaciones son los postulados, proposiciones o generalizaciones), estos diseños intentan describir y reconstruir de forma sistemática y lo más detalladamente posible las características de las variables y fenómenos, con el fin de generar y perfeccionar categorías conceptuales, descubrir o validar asociaciones entre fenómenos, o comparar constructos y postulados generados, a partir de fenómenos observados en escenarios distintos» (Goetz J. y Le Compte M., 1988).

La fase que luego dará comienzo responderá a cuestiones como: ¿en qué forma se contextualizarán los supuestos, o modos suposicionales, para su relación con las estrategias analíticas?, en el caso presente el de los binomios causa efecto de las variables educacionales.

Dichos supuestos pueden enmarcarse en las cuatro dimensiones: inductiva-deductiva, generativa-verificativa, constructiva-enumerativa y subjetiva-objetiva, siendo cada una, definición de los dos polos opuestos que sustenta formas elementales, que configuran cualquier proceso de investigación.



En cuanto a cada una por separado, se señala:

En relación a la primera, optar entre la inducción y la deducción: Es la dimensión que hace referencia al lugar de la teoría de la investigación.

El polo puramente inductivo supone comenzar con una recogida de datos mediante la observación empírica, o mediciones de alguna clase, a continuación construye a partir de las relaciones o categorías descubiertas sus proposiciones teóricas, se concluye a través del examen de los fenómenos semejantes y diferentes que han sido analizados, y se desarrolla una teoría explicativa.

El polo deductivo comienza con un sistema teórico, desarrolla definiciones operacionales de las proposiciones y conceptos de la teoría, y los aplica empíricamente a un conjunto de datos.

En relación ahora a la segunda, entre la generación y la verificación: Es la dimensión que se refiere al lugar de la evidencia en la investigación, así como a la medida en que los resultados del estudio de un grupo son generalizables a otros.

La generativa se centra en el descubrimiento de constructos y proposiciones, fuentes de evidencias, determinando categorías generales.

La verificativa prueba proposiciones desarrolladas en algún otro lugar, intenta probar empíricamente que una hipótesis dada es aplicable a varios conjuntos de datos.

Ahora la tercera, que trata de los modos de formular y diseñar las unidades de análisis, se extiende entre la construcción y la verificación. Una estrategia constructiva se orienta

al descubrimiento de constructos analíticos o categorías, a partir del continuo comportamental, en el que las unidades de análisis se revelan desde la observación y descripción. Por su parte, la enumeración es un proceso en el cual las unidades de análisis previamente derivadas o definidas, son sometidas a un cómputo o enumeración sistemáticos.

Por último, la dimensión cuarta, que asimismo subyace en los diseños para la investigación, es la del continuo subjetivo-objetivo. Si el propósito es reconstruir las categorías específicas que los participantes emplean en la conceptualización de sus propias experiencias, y en su concepción del mundo, la estrategia para obtener y analizar datos se constituye en la de tipo subjetivo. Frente a ello, el enfoque objetivo aplica categorías conceptuales y relaciones explicativas aportadas por observadores externos, al análisis específico de las poblaciones concretas.

Ahora, lejos de optar en la actual investigación por concretamente uno de los polos, decantándose bien por lo que se perfila en lo cualitativo, procesos: inductivos, generativos, constructivos y subjetivos, o bien cuantitativamente, por lo deductivo, verificativo, enumerativo y objetivo; lo que ahora sucede es que estos modos se conceptualizan como un continuo que evite interpretarlos como dicotomías; la mayoría de los estudios de ciencias sociales pueden ser situados entre ambos extremos. En el presente caso, las unidades de análisis se sitúan con mayor referencia hacia lo cualitativo. De hecho, la búsqueda de conceptos y relaciones en acontecimientos no previstos como son los que tienen lugar en un aula, sugiere una filosofía, o modo en la investigación, de sesgo preeminentemente inductivo, con las cualidades del resto de polos afines, fuente de declaraciones especulativas y futuras hipótesis, donde predomina lo descriptivo. Ahora, como se ha señalado, las actividades propias del polo opuesto no están exentas.

La auténtica etnografía admite ambas formas, permite que sus objetivos y estrategias iniciales a medida que la investigación avanza, puedan ser ampliadas, modificadas o redefinidas de múltiples maneras, como resultado tanto de las categorías analíticas que aparecen como por otra clase de condiciones, limitaciones o improvisaciones que vayan surgiendo. Y tal idiosincrasia de la investigación educativa no conlleva una marginación de las cuestiones teóricas, sino que las relaciones entre la teoría y la práctica están condicionados por esta dimensión de intervención.

Así, la investigación etnográfica es un aliado para desvelar las teorizaciones implícitas y las rutinas, pero para ver el grado de eficacia que aquellas permiten, a menudo es necesario que la recogida de datos preceda a la formulación de las hipótesis; otras veces los datos se obtienen con fines descriptivos y de análisis, en estudios de tipo exploratorio.

«Una distinción fundamental entre las tradiciones etnográfica y experimental, parte de la naturaleza de los fines de sus investigaciones. El tema tiene menos que ver con el hecho de que una teoría influya en la formulación inicial de las cuestiones de la investigación, que con la fase de ésta, en que las consideraciones teóricas se integran en el estudio, y en qué medida el fin de este último es la verificación de teorías existentes o la generación de otras nuevas» (Goetz J. y Le Compte, 1988).

En dichos procesos de conceptualización y formulación generales de la investigación, más que la recogida de datos preceda a la formulación de hipótesis, aunque éste polo en la línea inductiva está muy presente, existe cierta determinación en la opción deductiva, por encontrar datos que corroboren una teoría, lo que tiene que ver con las preferencias del investigador, las tareas se apartan del polo más inductivo en la aplicación de procedimientos evaluatorios.

Así, uno de los factores esenciales a tener en cuenta, es el que guía la constitución de las variables para la posterior diagramación que configure las categorías. Dichas variables como representantes de la información, han de ser susceptibles de derivar en una interpretación e integración, combinando los cuatro procesos siguientes: consolidación teórica, aplicación teórica, utilización de metáforas y analogías, y síntesis.

3.1.2. Estrategias de recogida de datos. Formulación y expresión de los mismos

«Los instrumentos tradicionales a los que se acostumbra a recurrir los diseños más experimentados como test, escalas de interacción, los controlados de laboratorio, etc., en general los que tratan de eliminar las subjetividades, las influencias de los propios investigadores, todos los datos considerados como ‘blandos’, o sea, no medibles matemáticamente, dando primacía a los ‘duros’, capaces de ser mejor tratados por fórmulas estadísticas, son insuficientes.

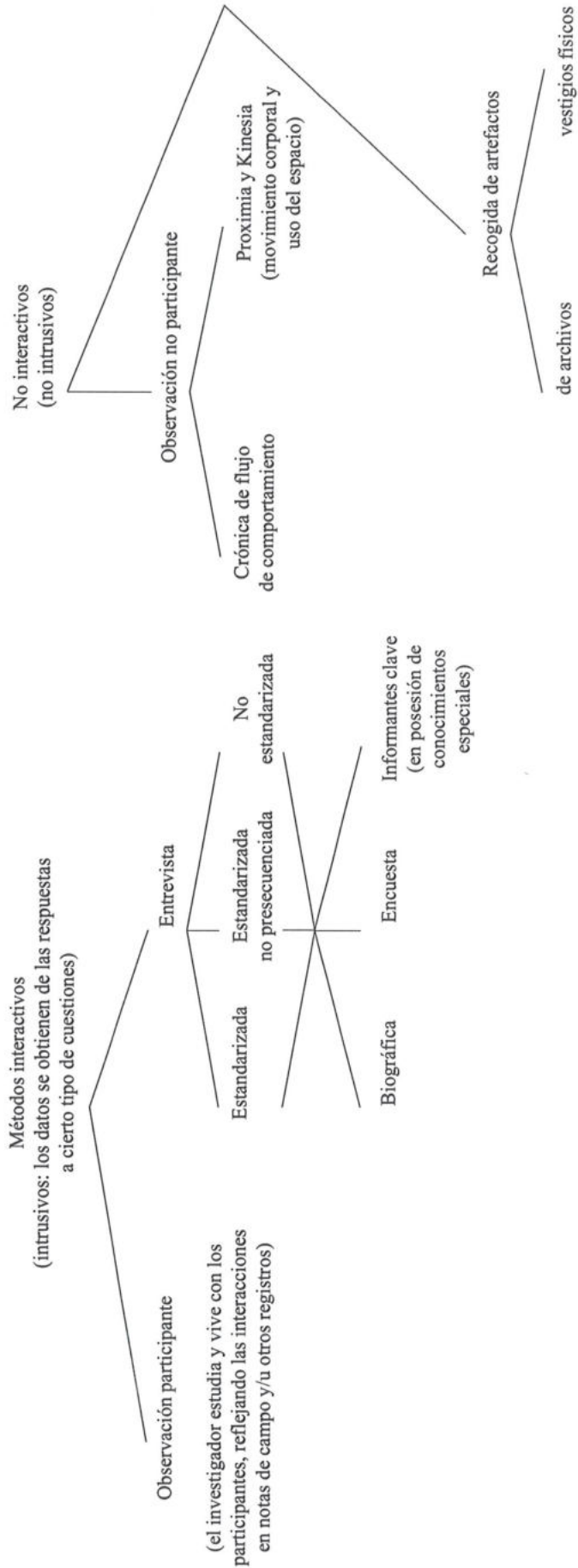
En el caso presente es obvio; no tratar de hacer acopio de tales datos nos ocasiona un problema de omisión ‘científicamente interesado’.

Todas las dimensiones de valor, las ideologías subyacentes, los conflictos y distorsiones en el discernimiento de los espacios, circunstancias e informaciones, el verdadero significado de las conductas y expresiones de los propios individuos, son puntos de interrogación que no pueden ser relegados. La etnografía educativa, en la medida que nos proporciona reconstrucciones de los contextos culturales, actividades y creencias de los participantes en los propios escenarios educativos, nos facilita ponerse en una situación y disposición que trata de obtener las estructuras de significado que informan y testifican los comportamientos de los sujetos observados» (Goetz J. y Le Compte M., 1988).

Las categorías de las estrategias de recogida de datos más empleadas en las investigaciones etnográficas son: la observación, la entrevista, los instrumentos y los análisis de contenido de los artefactos humanos; los que, a su vez, pueden dividirse de forma más específica. Por ejemplo en función de si el método es o no es intrusivo.

El esquema de tipos puede resumirse como se describe en el gráfico de la página siguiente.

Estrategias de recogida de datos



La observación participante, como estrategia importante en esta investigación

El investigador pasa todo el tiempo posible con los individuos que estudia, o del ámbito del estudio, toma parte de su existencia cotidiana y refleja sus interacciones y actividades en notas de campo (que a su vez pueden ser complementadas desde diversas formas en el registro), en el momento o inmediatamente después de producirse los fenómenos.

La observación participante sirve para obtener de los individuos sus definiciones de la realidad, y los constructos con que organizan los fenómenos del ambiente o ámbito que interesa.

Las notas de campo incluyen datos y comentarios interpretativos, en la medida de lo posible.

Uno de los problemas es la frecuencia con que difieren la información suministrada por los participantes acerca de sus actividades y creencias, y sus comportamientos observados, la descripción representa una explicación posible de dichas diferencias o constituirse en su interpretación. Así, la descripción de circunstancias, como el grado de inferencia del investigador u otros elementos, deben ser objeto de tipificación para sumarse al bagaje de datos que configuran los constructos.

La O. participante representa un medio para determinar las percepciones y comportamientos de los individuos en su mundo, permite verificar si los participantes hacen lo que creen (o cree el investigador) que hacen. En evaluación de curriculum, la O. participante permite al investigador averiguar si los individuos están procesando la información, o reaccionando a una innovación curricular de una forma u otra.

En general, el marco de redes observacionales de esta opción en síntesis, puede contener:

1. ¿Quiénes están en el grupo, identidades, características? ¿Cómo se consigue ser miembro del grupo o escenario?
2. ¿Qué sucede allí?
 - a) ¿Qué actividades se realizan?, ¿con qué recursos?
 - b) ¿Cómo se portan las personas?, ¿cuál es la naturaleza de su participación e interacción?, ¿cómo se vinculan los individuos?, ¿qué organización subyace en estas interacciones?...
 - c) ¿Cuál es el contenido de las conversaciones?, ¿qué creencias les animan?, ¿cómo se estructura el debate?, ¿quién habla?, ¿quién escucha?
3. ¿Dónde está situado el grupo?
4. ¿Cuándo se reúne o interactúa?

5. ¿Cómo se interrelacionan los elementos identificados, tanto desde el punto de vista de los participantes, como desde la perspectiva del investigador?
6. ¿Por qué funciona el grupo como lo hace?, ¿qué significado atribuyen los participantes a su conducta?, ¿cuál es la historia del grupo?, ¿qué símbolos y tradiciones, valores y concepciones del mundo se pueden descubrir en él?

Aunque ningún etnógrafo aborda todas estas cuestiones en cada estudio, el esquema indica las áreas principales de interés en torno a las que se organiza la observación.

3.1.3. Registro de datos

(Ver gráfico de la página siguiente).

«Al investigador tradicional del área de la educación, habituado a una gran variedad de instrumentos, escalas de medición y tests, las técnicas de recogida de datos que emplean generalmente los etnógrafos, pueden parecerle ridículamente simples. Los instrumentos principales del etnógrafo son sus ojos y sus oídos, así como otras facultades sensoriales, a las que se suma un conjunto de medios auxiliares, como: grabadoras de audio y video, cámaras fotográficas y de cine...

El material registrado comprende lo que los investigadores observan por sí mismos y lo que pueden conseguir que los participantes registren, además de lo que ambos, en colaboración, dibujan, fotografían, graban o filman. Con todo esto se crea un banco de datos compuesto por notas de campo, entrevistas formales e informales, cuestionarios, registros escritos, apuntes y diarios, obtenidos con instrumentos más estandarizados, como pruebas proyectivas para el descubrimiento y registro de valores y percepciones» (Goetz J.P. y Le Compte M.D., 1988).

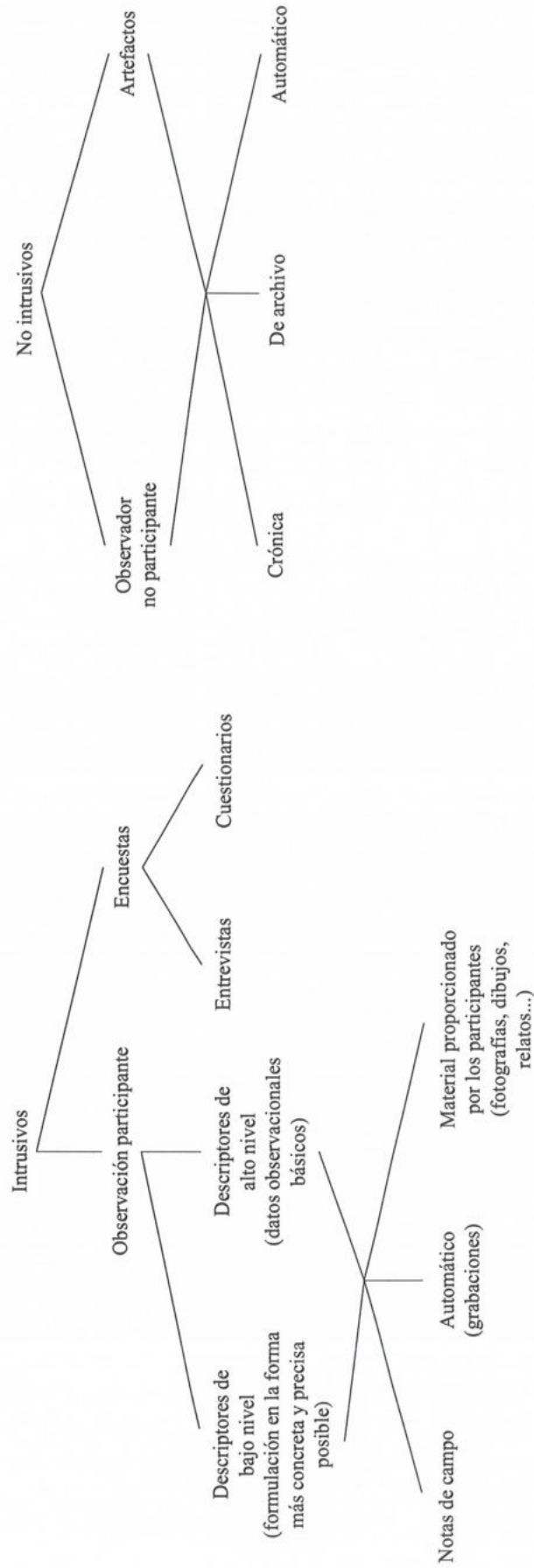
Los datos recogidos mediante observación participante y entrevistas, son registrados normalmente a mano...

La mayoría de las guías para la elaboración de notas de campo distinguen dos categorías: a la primera pertenecen los descriptores de bajo nivel inferencial, que se formulan de la forma más concreta y precisa posible, imprescindible en toda investigación etnográfica; a la segunda, cualquier combinación de comentarios.

Posteriormente, el material obtenido es analizado y se presenta en extractos para justificar la inferencia de las categorías analíticas.

Los etnógrafos utilizan también diversos dispositivos automáticos para registrar los datos y conservarlos. Este uso de técnicas observacionales registra una información que preserva los datos brutos, para que la veracidad de las conclusiones pueda ser confirmada por otros investigadores.

Instrumentos de registro de datos



La cámara y los aparatos de grabación pueden registrar numerosos datos que el investigador olvidaría o pasaría por alto y en consecuencia, aumentar la fiabilidad del estudio; no obstante la información almacenada no está codificada ni clasificada, y por otra parte estos dispositivos sólo registran los datos que el investigador decide conservar. Por un lado realizan una abstracción y, al mismo tiempo, pueden llegar a almacenar una cantidad de información excesiva; *así, para hacer utilizables los datos, es imprescindible su codificación y análisis.*

El registro en la investigación presente:

La trayectoria no ha sido única: En lo que constituyó la *primera hipótesis* o proposición, la metodología ha sido: *no intrusiva - recogida de artefactos: datos de archivo, testimonios escritos, libros de texto, artículos de opinión...*, en apoyo, tanto de las proposiciones como de las medidas a tomar de las que se deriva la investigación.

En relación a la *segunda*, en la que se inspeccionan los principales constructos - efectos de la actuación, los modos han sido: una *metodología interactiva - observación participante - registro automático de datos* (y notas de campo) - *grabación de episodios verbales.*

Otros datos son recogidos a través de cuestionarios, como una prueba de conocimientos previos con que se inicia el trabajo de campo, o las pruebas de capacitación escritas, que además son el sistema de evaluación clásico de los alumnos. Su perfil: *metodología intrusiva - entrevista - encuesta estandarizada presecuenciada y el formato en contestaciones escritas por los propios participantes.* .

Por último, se utilizan «notas de campo»: *metodología interactiva - observación participante*, generalmente acompañando como comentario a las de registro automático.

3.1.4. La elección de la población. Selección y muestreo

El contenido de la teoría determina qué elementos del mundo empírico (animales, objetos inanimados o personas) pueden constituir la población objeto real de estudio. Habitualmente para los etnógrafos, personas, tiempos y escenarios, pero también: acontecimientos comportamentales y significados. Como quiera que se establezcan las categorías han de ser traducidas a unidades analíticas que permitan el procesamiento; es decir, la división de los datos en segmentos conductuales, en lo que de otro modo resultaría ser sólo un flujo indiferenciado del comportamiento.

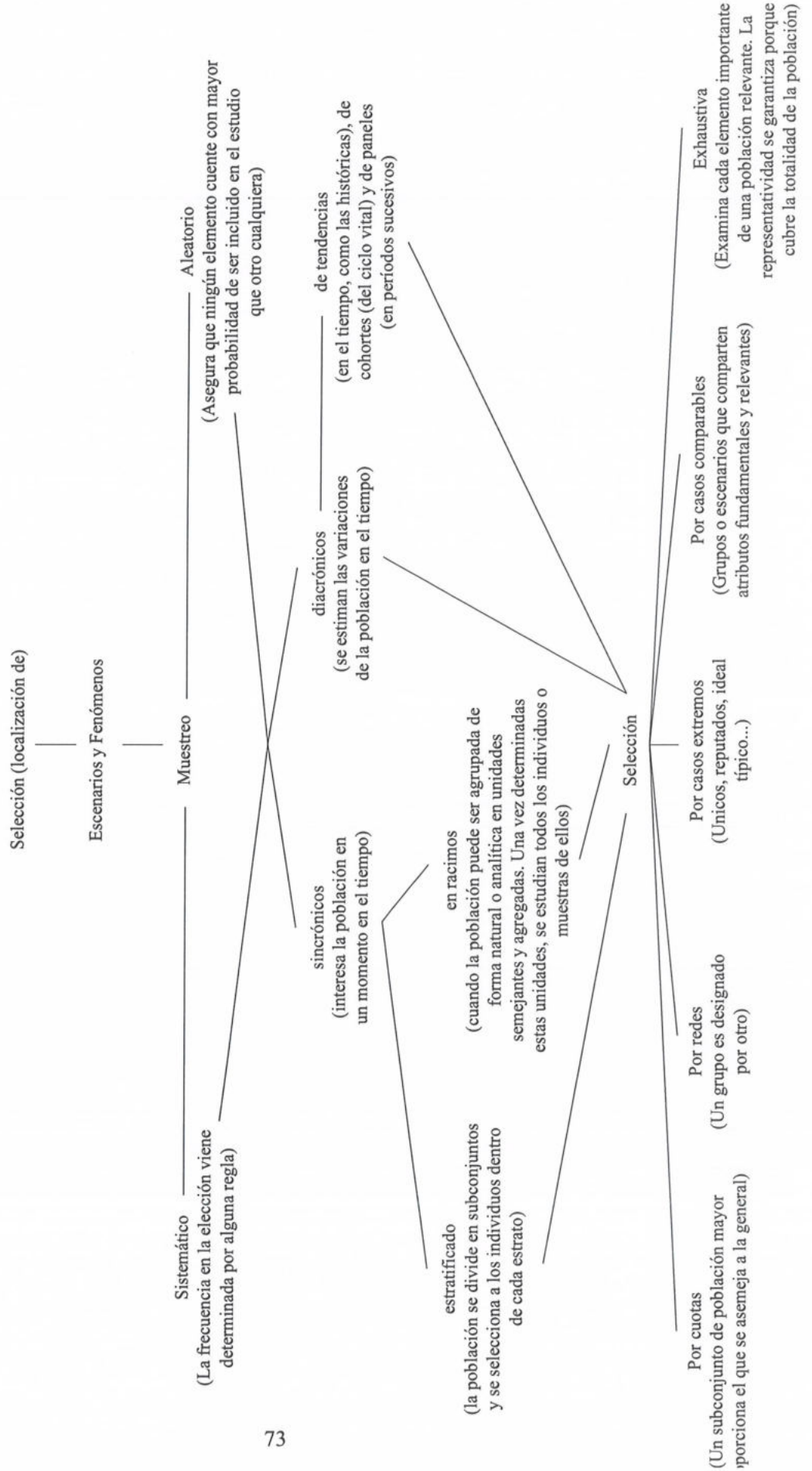
Las estrategias para la determinación de las poblaciones requiere la adopción alternativa de estrategias en la selección, y en el muestreo: métodos de toma de decisiones; el muestreo es la forma especializada de un proceso más general de enfoque y elección: la selección; la selección requiere determinar los perfiles relevantes de la población.

Cuadro de los procesos de selección

Por criterios.

Aleatorio: simple o estratificado (cuando se desea estudiar un grupo pequeño que posee la misma distribución de características que la población a la que se pretende generalizar).

(La unidad seleccionada debe poseer un conjunto de atributos para localizar en el mundo real alguna que se ajuste a ellos)



3.2. EN TORNO AL DISEÑO. CONCRECIÓN DEL MISMO

3.2.1. Características de la población en la investigación presente

Primero, el criterio general de selección: alumnos que tienen intereses en el aprendizaje de Física y una ontología en los cambios conceptuales del Paradigma actual.

La muestra es:

- Sincrónica: (el momento en el tiempo: un curso escolar), aunque algún fenómeno, como subgrupo de la población, será estudiado diacrónicamente.
- En racimo: la población se elige así en base a su disponibilidad en relación al investigador y su idoneidad, se extrae como subconjunto (cuota) de la población total que es la de aquellos alumnos de Física del nivel de 2ª de Bachillerato.

La unidad: la que de forma natural se agrupa en un grupo concreto (de 2ª de Bachillerato LOGSE), del centro escolar en el que la profesora-investigadora imparte sus clases.

En todo caso, la selección se efectuó en la del ámbito: «por casos comparables». Los que más tarde se instituyen en ambientes: «patrón» y «problema», dentro de la misma unidad.

La selección de casos comparables es la versión etnográfica de la aplicación. Este proceso puede ser utilizado por un solo investigador cuando estudia sucesivamente grupos o escenarios que comparten atributos fundamentales y relevantes, como en el presente caso.

«Trabajando en equipo o individualmente los etnógrafos pueden estudiar de forma simultánea varias unidades, escogidas sobre la base de factores de comparación cruciales, y estructurar sus investigaciones como aplicaciones concurrentes» (Goetz J.P. y Le Compte M.D., 1988).

Escenario

El proceso de selección concluye en la población; por sus características y disponibilidad, se configura en un grupo de Física de 2º de Bachillerato LOGSE, del que la investigadora es profesora; la modalidad es la de «Ciencias de la Naturaleza y la Salud» del curso escolar 2000-2001.

La composición del grupo se estableció en 14 alumnos del total de 28 matriculados, repartidos desde su ordenación alfabética en dos grupos: uno de pares y otro de impares, cada grupo se adjudica aleatoriamente a un profesor.

Características físicas y de procedimiento del muestro, descripción

La fase de extracción de los datos se hace coincidir con la del horario lectivo, 50 minutos cada día, cuatro días a la semana, según el horario de comienzo de clase:

- Lunes: 9 h. y 10 min.
- Martes: 12 h. y 15 min.
- Miércoles: 9 h. y 10 min.
- Jueves: 10 h. y 5 min.

La extensión de la experiencia será la del curso escolar 2000-2001, aunque cuando se decide la idoneidad del método, el curso ya ha comenzado.

Características de la población

El perfil emocional y el desarrollo intelectual de los alumnos es el común al de un curso de las características mencionadas, y sus edades (muy uniformes) están entre 17 y 18 años. De los 14 alumnos 10 son chicas.

El entorno social

Por los datos que son acordes con la ubicación del centro, en un 71% la procedencia es de un entorno familiar de trabajadores (el del centro es del 90%), en el 29% restante la titulación es media o universitaria.

Perfil académico del grupo

Se elabora en torno a la capacitación mostrada en los resultados del curso anterior (en la asignatura de Física y Química) y a sus aspiraciones, en función de las optativas que han elegido.

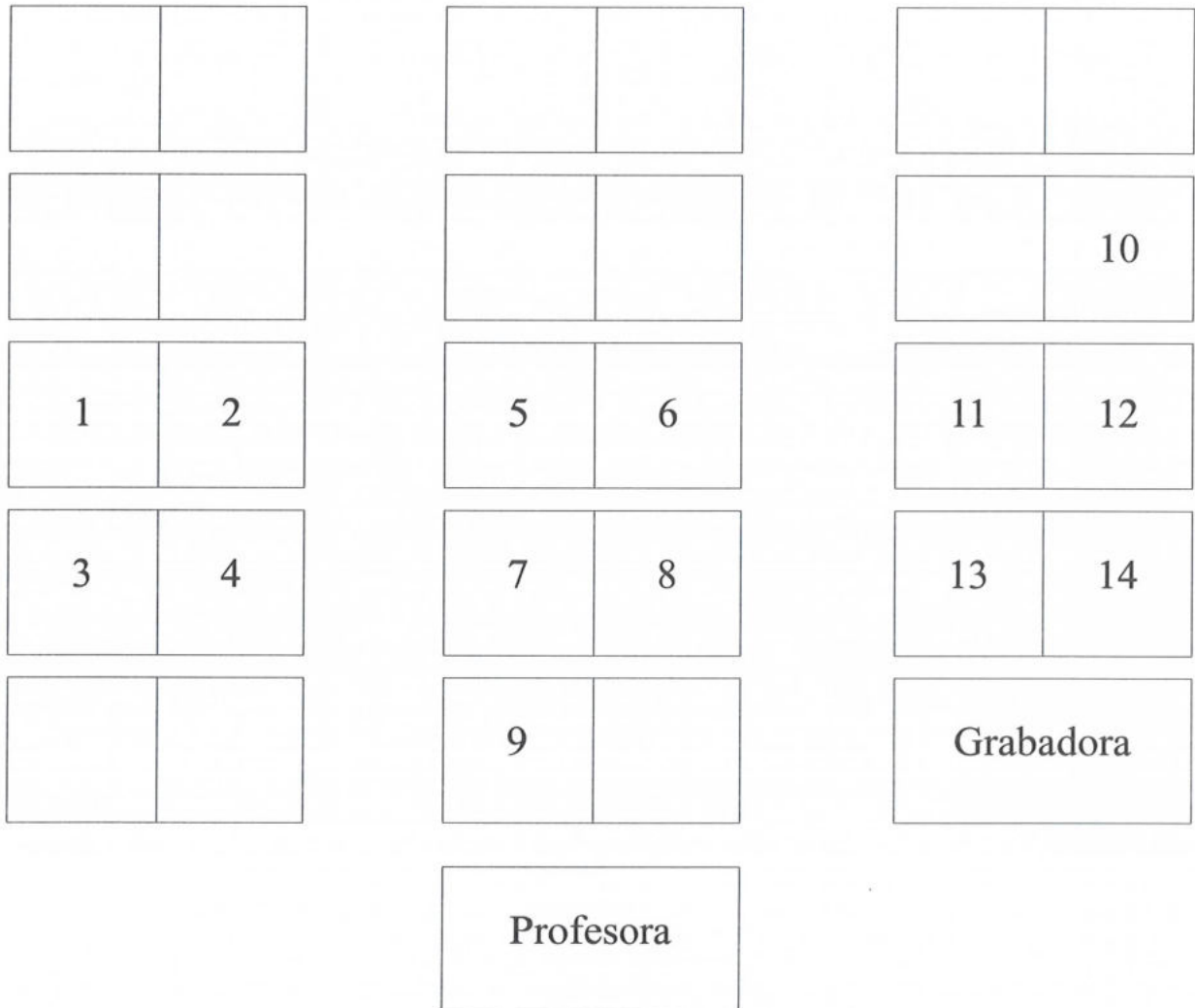
Número de alumnos del total del grupo (14) que tiene asignaturas pendientes: uno.

Nota media de estos alumnos en la asignatura de Física y Química del curso anterior: 7,07.

Sus intereses o preferencias, analizados a través de las asignaturas optativas, son los siguientes:

- Dibujo técnico: 2 (lo eligen).
- Economía: 1.
- Geografía: 1.
- Idioma: 8.
- Biología: 1.

Distribución de los alumnos en la clase



Los alumnos se identifican numéricamente (si luego hay que destacar las actuaciones de alguno, se le identifica por el número). La distribución va a ser estable a lo largo del curso.

Características del centro

Se trata del I.E.S. «Emilio Ferrari», calle Sementera, de Valladolid.

		Alumnos
Nº de grupos de ESO:	21	526
Nº de grupos de Bachillerato LOGSE:	9	182
Nº de grupos del Ciclo formativo F.P.:	2	106
Alumnado extranjero:		2
Profesorado con función docente:	76	

3.2.2. El efecto escenario en la futura validez de los constructos

Por el mero hecho de estudiar un grupo o escenario, el investigador y los equipos de recogida de datos, inevitablemente los afecta.

La primera tarea es determinar el grado de ajuste entre las categorías y la realidad, lo que se analiza bajo dos aspectos:

- 1º Determinar si las inferencias obstruyen o distorsionan la información real; o la de la interpretación: bien la que se deriva de los propios datos, bien la de sus asociaciones o dependencias. Y cómo paliar el efecto.
- 2º Si son causa de obstrucción al proceso del estudio comparativo, es decir, si los constructos creados pueden ser comparables con los «mismos» constructos, aplicados a otro contexto, por ser una función del contexto intervenido más que del contexto en sí mismo.

Aunque estos aspectos se van a volver a considerar cuando se cuestione el grado de validez de la investigación, tanto externa como interna, es necesario ahora tenerlos presentes al configurar la misma.

En relación al punto primero, los fenómenos que como categorías interesan particularmente, son acontecimientos que derivan de la enseñanza-aprendizaje bajo determinadas variables puestos de manifiesto en el diálogo alumnos-profesor, y alumnos entre sí.

La inferencia puede producirse como «forma de expresarse», como frecuencia o inhibición, etc., factores quizá importantes, pero más a los estudios sociológicos o en antropología. Pero en este caso lo que importa es el proceso instruccional: dudas, errores, recursos, capacitación, etc., que difícilmente pueden ser objeto de simulación si no son reflejo de un proceso cognitivo interno y real.

Los constructos, aunque en este sentido poco pueden modificarse en función de un agente externo, sí es posible, podrían ser en parte consecuencia de las propias actuaciones del profesor investigador (no artificiales, sin embargo), el sistema de categorías debe contemplar en su diseño el tipo que indica este hecho; dado que el profesor forma parte del ambiente, sus actuaciones y la interacción de las mismas con las de los alumnos deberán formar parte del diagrama de los datos.

Otras estrategias se encaminan a hacer que los alumnos «olviden» en la medida de lo posible que la situación es particular. Se determina por ejemplo, no hacer interrupciones en la grabación una vez comenzada. También se evita dar vuelta a la cinta en mitad de la clase (aunque hay alguna excepción). Dado que cada cara registrará 30 minutos se opta por empezar a grabar unos 10 minutos después de haber dado comienzo la clase, dedicando ese tiempo a asuntos que no implican directamente el proceso enseñanza/aprendizaje: se pasa lista, se anuncia lo que se va a tratar, dónde pueden encontrarlo, se dictan ejercicios, se fijan fechas de examen... Si un debate se adelanta, se comienza a grabar. También si algo de interés queda fuera de lo grabado se señala como nota de campo.

Luego, un fenómeno podría ser catalogado bajo una creencia, pudiendo no ser representación de la misma; el efecto sin embargo se subsana a través de la cantidad de datos que puedan extraerse. Si el volumen es grande, el error de interpretación quedará así diluido, y el constructo que se constata desde los registros (la mayoría se presume bien interpretados) será fiable.

En relación al punto segundo, en primer lugar se cuida la aleatoriedad del grupo, que no posee características diferentes a las de cualquier otro. Y en la contrastación entre escenarios, se procura que éstas se establezcan entre grupos equivalentes. Los dos ambientes elegidos se extraen del contexto del mismo curso, sin división en su dinámica (pasados los primeros días en los que dicha dinámica parece diferente, quizá más retraída), luego el flujo de comportamiento es estable. El factor diferencial objeto de comparación y estudio será la ontología con sus características conceptuales.

El constructo que se quiere analizar es el efecto de una determinada epistemología cuando la misma se desarrolla por igual en los dos casos educacionales. Sus efectos son parámetros comunes: los recursos cognitivos (que son además reflejo de las variables), los logros y la trayectoria en sus dependencias, el apoyo requerido, la inducción y los conflictos, también la participación o su falta, son alguno de los tipos que se van a categorizar.

Los escenarios son: el que llamaremos ambiente «problema», cuya enseñanza-aprendizaje es la investigada, y refiere el proceso pedagógico con cambios conceptuales

particulares que presenta el Modelo del Paradigma actual. El otro, «patrón» se configura en cualesquiera de los casos del Clásico, modo de concebir el mundo en el ámbito cotidiano, que para su instrucción no es preciso hacer continua referencia a los nuevos conceptos del Relativista, aunque hayan servido para desarrollar las bases conceptuales más generales.

3.2.3. La utilidad de los datos

«La actitud perceptiva del etnógrafo, difiere de los que realizan las investigaciones experimentales en que éstos limitan su atención a variables designadas con anterioridad a la recogida de datos, luego, si surgen imprevistos se consideran otros datos. Para el etnógrafo todo es importante, ello se debe a que su objetivo es el análisis de la complejidad de los fenómenos en sus contextos... El reto se centra en que sus divisiones no fraccionen las unidades naturales» (Goetz J. y Le Compte M., 1988).

El trabajo de campo en sí mismo, representa un acopio más de datos, y todas las incidencias ayudan a entender o interpretar lo que acontece, pero se hace necesaria su definición bajo la elaboración de unidades de análisis para convertir, mediante la codificación, los datos en eventos manipulables.

El tratamiento de los datos

El mayor problema es la reducción de las grandes cantidades de datos que se generan:

«Los modos genéricos de pensar los datos y manipularlos, que llamamos teorización, se abordan en primer lugar. Las actividades fundamentales de la teorización son: La primera la componen las estrategias de selección secuencial: métodos analíticos que al orientar la recogida de datos modelan los resultados del estudio. Así, primero procedemos a declarar qué incluyen dichas actividades: La teorización es el proceso cognitivo consistente en descubrir o manipular categorías abstractas y relaciones entre ellas; se usa para las explicitaciones del cómo y el por qué de los fenómenos. Los psicólogos cognitivos identifican sus componentes con los que emplean las personas en la vida cotidiana que exige que ‘se procese la información’: primero se perciben los fenómenos los distinguen comparándolos, contrastándolos con sus experiencias pasadas, un conjunto de valores o ciertos atributos predeterminados..., solución de problemas, configuración de ideas» (Goetz J. y Le Compte M., 1988).

Las tareas formales que comprenden los procesos de teorización son: percepción, contrastación, agregación y ordenación.

Si el sesgo de investigación es más bien cualitativo se adopta una actitud conscientemente ingenua, como si cada aspecto de un fenómeno resultara nuevo, registrando los comportamientos tal y como se producen. El reto es que luego la división en variables operacionales no fraccione las unidades naturales. Con posterioridad el ámbito de registro se va limitando sucesivamente hasta que se obtienen unidades de análisis legítimas.

«El descubrimiento o establecimiento de las unidades de análisis es una de las tareas más importantes del tratamiento de datos etnográficos. Las mismas cumplen una doble función en el proceso de investigación: En primer lugar, son divisiones perceptivas que guían la recogida de datos; en segundo lugar, son medios de convertir los datos brutos en subconjuntos y manejables» (Goetz J. y Le Compte M., 1988).

Esta investigación se enmarca entre los polos inductivo y deductivo. En ella, algunas categorías se buscan a propósito a fin de conseguir datos sobre las variables que interesan. Otras investigaciones con enfoque más inductivo, posponen las categorías que se consideren después de recoger los datos, dado que los mismos ponen de manifiesto actuaciones o fenómenos en los que en un principio no se pensó, y luego emergen con relevancia para describir, comparar e informar.

Para el proceso de categorización de los fenómenos es fundamental como procedimiento, la determinación de las propiedades y atributos que comparten las unidades de cada categoría. Para hacerlo, se reúnen los datos y se realiza un análisis sistemático de su contenido. Las propiedades de una categoría se descubren elaborando una lista de las semejanzas de las unidades analíticas incluidas en ella, y de sus diferencias con otras unidades no pertenecientes a la categoría: *A continuación, con las propiedades fundamentales se articula la definición abstracta de la categoría.*

La elección y elaboración de unidades, paso previo al de la configuración de las categorías, o subcategorías que derivan de aquellas, exige procedimientos de exploración y codificación de los datos preliminares reunidos en la fase de diagramación.

Las distribuciones relativas carecen asimismo de importancia en el análisis etnográfico, una actividad que aparezca una sola vez es significativa.

Por su parte, la medición de frecuencias exige previamente la categorización e inventario de todas las posibles unidades.

«Si por ejemplo, los datos son notas de campo con el único fin de determinar las actividades de una clase de escuela elemental, no serviría para ello la enumeración de unidades como el comportamiento verbal. Ello se debe a que la unidad de análisis para estructurarlas es el constructo actividad (Lofland, 1971); sólo algunos comportamientos verbales pueden ser categorizados como actividades» (Goetz J. y Le Compte M., 1988).

Las bases de diferenciación y clarificación de los elementos pueden ser de carácter: físico, temporal, filosófico, gramatical o social. La presente investigación es afín a las «de carácter filosófico», dado que se interesa por los fenómenos de conceptualización que se producen en el binomio enseñanza/aprendizaje bajo unos parámetros que representan, asimismo una opción filosófica o la creencia en una forma de animar el proceso. No obstante también se recogen aspectos de carácter social, dado que el binomio señalado es en gran manera un subproducto del conjunto de factores que definen la conducta y las relaciones sociales.

En principio la valoración de un fenómeno la hace el participante que (en la línea subjetiva), de forma verbal ya adjudica cierto atributo al elemento que se analiza. No obstante, y ahora en un modo más objetivo, es finalmente el propio investigador el que cataloga y establece semejanzas y diferencias a los datos, en el caso presente.

Estas categorías o grupos (datos semejantes) elaboradas a partir de la inspección, en parte se han establecido con anterioridad a la fase de recogida por su relevancia a priori.

Por último y en torno a *preservar la pureza del escenario*. Las «normas» que guiarán la actuación serán aquellas que consideren al currículo mismo en sus objetivos: que ninguna actuación obstaculice su desarrollo «normal», evitando que en algún momento se vea: distorsionado, ralentizado, recortado o ampliado, etc.

La preocupación es salvar la actuación más espontánea de los alumnos; que en modo alguno se supedite la marcha de las actividades a una mejor obtención, abundancia o claridad en los datos, como por ejemplo, inducir a la repetición superflua, dar explicaciones innecesarias, ratificar lo que se escribe de una forma artificiosa, etc. Luego, si alguna parcela en los datos resulta confusa y conviene su especificación, se utilizará para ello las notas de campo.

3.2.4. La situación al comienzo del desarrollo de la investigación

El comienzo en el registro de datos se hace pasados unos días del inicio de curso (unas tres semanas después). El motivo es que en ese momento no se tenía perfilado el método, aunque sí se estaba planteando el modo de hacer un seguimiento en torno a la adquisición de conocimiento por cambio conceptual en el sentido más profundo. Se piensa en cuestionarios, encuestas..., y en función del mismo se ha efectuado una prueba de conocimientos previos, que se articula en las variables que se quieren investigar. Lo que pretende averiguar es si los alumnos muestran algún adiestramiento, conocimiento o desenvoltura práctica en la actitud metodológica capaz de suministrar significantes a lo largo de todo el curso. Luego, esa capacitación será la primera instrucción que recibirán los alumnos.

La realidad de un curso con un número de alumnos reducido, y algunos datos extraídos bajo experiencias de este perfil, sugiere aplicar en el contexto la metodología descrita.

Cuando se les anuncia el interés por obtener datos de los episodios verbales, no ponen objeción y lo aceptan de buen grado.

El talante del grupo en estos primeros días (que anteceden a las grabaciones o del comienzo de las mismas), es más bien de reserva; la sensación es de que están un poco tensos, quizá ante la responsabilidad que entraña un curso de estas características, que es crucial en sus aspiraciones, y que se aventura conlleva dificultades de nivel en todas las asignaturas.

Además, un comienzo en esta asignatura de una forma a la que no están muy acostumbrados, con referencia ya a los nuevos modelos de difícil aceptación, y a cursos complejos (como los analíticos), no parece crear un clima realmente distendido. Aunque están atentos, se advierte recelo, la prueba inicial y los primeros planteamientos son en sí un «buen rollo», y no parecen sobre todo apreciar su utilidad. Preguntan: «cuándo va a empezar el temario de verdad y sus aplicaciones prácticas...», objeciones que en sí ya son muestra de un grupo dispuesto a hablar, y entre ellos parece existir acuerdo, características que luego son idóneas para la experiencia.

Cuando seguidamente descubren la utilidad del planteamiento general al efecto de desarrollar ecuaciones (como las de estado, las cuales ya conocen) para actuar sobre lo concreto (instruido en base a los planteamientos de la prueba inicial y de los materiales de *primer orden* que se crean en esta investigación en la introducción al Modelo actual de la Física). (Anexo IV). Se advierte un cambio de actitud que deriva en una mayor participación, por ejemplo un mayor empeño en tomar apuntes..., una implicación que se traduce en mayor locuacidad, hasta un equilibrio en el reparto de las actuaciones que luego se mantiene estable hasta final de curso.

En medio de las fluctuaciones descritas, a mediados del mes de octubre, a unas cinco semanas de haberse iniciado el curso, da comienzo así la toma de datos por grabación automática.

Luego, es característica de la metodología que se desarrolla (bajo los principios de la investigación etnográfica), que los procesos que continúan de registro y selección de datos, división en unidades, su ubicación en categorías, su análisis, están indisolublemente unidos, por lo que los mismos se instruyen seguidamente a la vez.

3.3. LOS PROCEDIMIENTOS EN LA ORGANIZACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

3.3.1. Introducción

Se pasa a describir las actividades del proceso por el que todos los datos puedan ser seleccionados, abstraídos, clasificados y sintetizados. Paso previo al de poder señalar sus dependencias o los fenómenos con relación causal. Finalmente para poder concluir en un informe que instruya en los hechos más significativos, «constructos de la investigación», o aquellas hipótesis nuevas que se revelen.

Los procedimientos analíticos de las etnografías difieren de los empleados en otros diseños, en que la información se analiza a lo largo de todo el proceso, y la recogida y el análisis de datos están indisolublemente unidos en la medida en que el investigador desconoce qué «preguntas» conviene, y es posible realizar hasta después de pasadas sus impresiones iniciales, y formular tentativamente algunas conclusiones.

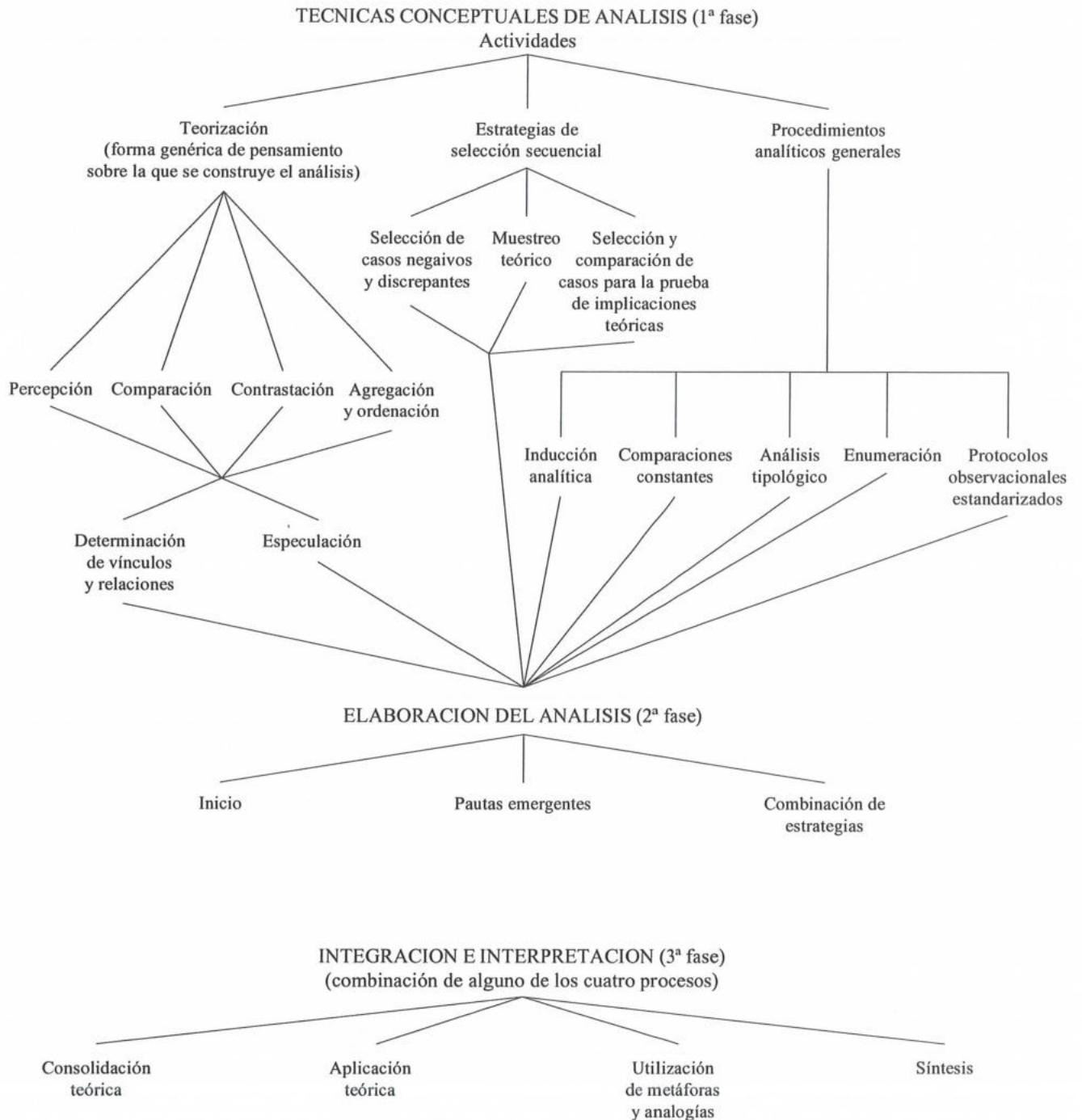
Teniendo en cuenta ahora dicha interdependencia, el proceso se divide en tres apartados:

El primero describe las técnicas conceptuales comunes usadas por los etnógrafos para analizar sus datos. Se resumen en el proceso *de teorización, las estrategias de selección secuencial y los procedimientos analíticos generales*.

El segundo ilustra cómo se combinan estos procesos para elaborar un análisis; procesos que comparten con los diseños generales de la investigación los modos suposicionales inductivo-deductivo, etc., aunque unos derivan mejor hacia un polo que hacia el otro. En esta fase *se manipulan y procesan los datos brutos para generar constructos y descubrir pautas*.

El tercero asume ya la *interpretación e integración de los resultados*. Los investigadores interpretan ahora sus descubrimientos mediante alguna combinación de los cuatro procesos siguientes: *consolidación teórica, aplicación teórica, utilización de metáforas y analogías, y síntesis*.

Las tres fases se explicitan en el siguiente cuadro:



Se señalan las particulares características de estas actividades antes de proceder a su aplicación

3.3.2. Técnicas conceptuales del análisis

La teorización

Es la forma genérica de pensamiento bajo la cual se descubren o manipulan las categorías abstractas y relaciones entre ellas, las que luego se usarán para desarrollar o confirmar las explicaciones del cómo y el por qué de los fenómenos. Las tareas formales que constituyen los procesos de teorización son percepción, comparación; contrastación, agregación y ordenación; y el establecimiento de vínculos y relaciones.

Percepción. Los investigadores experimentales limitan su atención a las variables designadas como foco del estudio o que han identificado con prioridad a la recogida de datos; para el etnógrafo, sin embargo, todo puede ser importante, sobre todo en las primeras etapas. Su objetivo es el análisis de la complejidad de los fenómenos en sus contextos naturales: así, interesan todos los factores constitutivos de los mismos o que influyan en ellos.

Al principio se procede sólo a registrar los comportamientos tal y como se producen. Luego bajo los intereses de la investigación, se instruye ya desde un inventario la clasificación de las acciones.

«A pesar de que los valores y el comportamiento constituyen unidades perceptivas más amplias y complejas, que las variables operacionales de la investigación experimental, no dejan de ser divisiones impuestas a la realidad. El reto para el etnógrafo es que sus divisiones no fraccionen las unidades naturales y, al mismo tiempo, sirvan de orientación suficiente para la observación. A este respecto, la periodización es fundamental; el ámbito de registro se va limitando sucesivamente hasta que se obtienen unidades de análisis legítimas» (Goetz J.P. y Le Compte, M.D., 1988).

El descubrimiento paulatino y el *establecimiento de unidades de análisis, como eventos de particulares características, significantes de algún acontecimiento*, es el paso previo que se da.

Su elección y elaboración exigen a su vez procedimientos de exploración y codificación de los datos, lo que se instruye como *fase de diagramación*.

Es en esta fase inicial de análisis constructivo en el que se descubren las categorías conceptuales abstraibles de los fenómenos. **Cada conjunto de unidades analíticas, con alguna cualidad destacada y de interés en el proceso representó una categoría.**

Comparación, contrastación, agregación y ordenación constituyen las tareas precursoras del establecimiento de los esquemas de clasificación para la organización de los datos, representan un proceso para crear y perfeccionar constructos y categorías y elaborar tipologías de elementos.

Las semejanzas o diferencias que pueden ser atribuidas a los fenómenos por los investigadores o por los participantes, las establece aquí el investigador sobre la base de las reacciones de los participantes ante los eventos.

Es la etapa siguiente la de categorización, consiste en descubrir los elementos relacionados entre sí y agregarlos.

En el polo más inductivo, estas categorías o grupos se elaboran a partir de la inspección de los datos, en el más deductivo se establecen con anterioridad a esa fase. En nuestro caso, los mismos se reparten entre ambos polos. Por un lado existen ciertos asuntos que interesa controlar, por ejemplo las variables de componente epistemológico, o filosófico, cuya causalidad en los fenómenos del comportamiento en lo que se refiere al aprendizaje se investigan, por otro, los acontecimientos que en el proceso se revelan ahora importantes, porque explican o añaden algo a las inferencias causales.

La agregación de datos según sus semejanzas o diferencias o su clasificación en categorías, serán el prerequisite para la determinación de la frecuencia de los fenómenos.

Determinación de vínculos y relaciones. Las tareas en las que el investigador se embarca van a ser de seguimiento de pistas, indicios, búsqueda de datos negativos o superfluos y sobre todo el examen de toda indicación causal relacionada con los fenómenos.

Los datos en estos procedimientos la proporcionan las respuestas de los participantes a las preguntas o sugerencias del investigador, así como las triangulaciones con distintas agregaciones y ordenaciones de los datos. Se procederá luego inductivamente para generar enunciados y relaciones, y deductivamente para comprobar dichos enunciados en el campo, al mismo tiempo que se desarrollan teorías o hipótesis.

Especulación. El cuarto componente de la teorización exige el establecimiento de inferencias. Supone una actividad conjetural que permite a los científicos eliminar hipótesis rivales y postular o predecir relaciones y constructos que posteriormente deberán ser examinados.

«La especulación permite ir más allá de los datos y conjeturar lo que ocurrirá en un futuro, basándose en lo aprendido acerca de los constructos y los vínculos entre éstos y en la comparación entre los resultados de ese aprendizaje y los conocimientos sobre los fenómenos» (Goetz J.P. y Le Compte M.D., 1988).

La especulación está en la base de la construcción de las hipótesis. **Implica afirmar que la frecuencia de las relaciones entre constructos o los fenómenos y causalidades que se presenten son algo más que acontecimientos debidos al azar.**

Estrategias de selección secuencial

En la selección secuencial se definen y analizan subpoblaciones de personas, acontecimientos, artefactos u otras cosas que se presume tienen interés. Por ejemplo, lo que a primera vista parece una investigación limitada a un reducido número de participantes, si éstos generan un gran número de episodios verbales o de otro tipo (como es el caso), la selección se centra sólo en aquellos relevantes para el estudio.

Generalmente, la selección secuencial se utiliza en los diseños en los que la recogida y análisis de datos se efectúan al mismo tiempo y se influyen mutuamente (como en el caso presente). Las dimensiones del grupo seleccionado dependen del número de unidades necesarias para generar o perfeccionar un concepto o postulado. La selección se detiene cuando se posee la seguridad de que el constructo está lo suficientemente elaborado.

Selección de casos negativos. Un caso negativo es un concepto o postulado que refuta un constructo y opera como hipótesis nula. Los casos negativos permiten determinar los *parámetros* o la *distribución* de un constructo. En la investigación presente se añaden a través de tipologías específicas, es el caso de F (conflicto) u O (inducción), en donde el constructo que se configura sobre las mismas puede tener otras lecturas bajo otras categorías, como por ejemplo, «significación», que en ciertos casos el conflicto o ayuda no representa falta de la misma (caso negativo), y lo que sucede es que se amplía el campo de eventos en el que se distribuye la categoría.

En otros ejemplos sin embargo, el matiz es el perfil de un caso que en realidad es nulo, porque se presume por ejemplo inducido externamente, limitándose ahora el mapa de distribución.

Selección de casos discrepantes. El caso discrepante se interpreta como un ejemplo que modifica, perfecciona o elabora un constructo. El caso discrepante es una variante de una regla. Supone la necesidad de modificar el constructo en cierta medida. Un ejemplo de este particular lo representa la variante en el tipo de conflicto cuando éste se refiere a un cambio conceptual. La variante se instala en la vuelta a los antiguos conceptos, se elabora así un nuevo constructo (P) que perfecciona la conceptualización del anterior.

Muestreo teórico. Consiste en una búsqueda cuidadosa de la teoría que mejor se ajusta a los datos de que se dispone, en donde cada hipótesis sucesiva genera distintas explicaciones. Se comienza con *la selección de varios casos que pueden compararse* y contrastarse, casos que se eligen por su posible relevancia para el campo teórico que se estudia, y también por su utilidad en la generación de teorías. Las diferencias entre los casos elegidos dan lugar a la elaboración de los atributos más definitivos, subvariantes y la delimitación de su alcance.

Procedimientos analíticos generales

Las cinco estrategias que abordan son:

- La inducción analítica.
- Las comparaciones constantes.
- El análisis tipológico.
- La enumeración.
- Los protocolos observacionales estandarizados.

La inducción analítica y las comparaciones constantes están específicamente diseñadas como técnicas inductivas para la generación de la teoría. Los protocolos observacionales estandarizados lo que ofrecen son marcos deductivos en los que organizar datos cuantitativos para comprobar o verificar proposiciones.

Los análisis tipológicos y enumerativos, que también se utilizan durante todo el proyecto, permiten en su flexibilidad que se añadan, se eliminen o mantengan categorías. La *enumeración* sólo se puede utilizar una vez categorizados los datos con claridad.

Estas técnicas no son las únicas ni tampoco se excluyen mutuamente.

Los cinco procedimientos analíticos comparten con los diseños generales de investigar los modos suposicionales:

- Inductivo-deductivo.
- Generativo-verificativo.
- Constructivo-enumerativo.
- Subjetivo-objetivo.

Ahora, las posiciones de las estrategias en los ámbitos son más bien descriptivas que normativas.

Inducción analítica

Esta estrategia implica el examen de datos en busca de categorías de fenómenos, y de relaciones entre ellas, a partir de tipologías, y de las hipótesis iniciales que posteriormente pueden modificarse; al principio de la investigación, las categorías se instalaron sólo en la casuística de las actuaciones con resultado de capacitación, para derivar luego en las que reflejaban comportamientos del aprendizaje cualesquiera.

Los tipos que representaban las características del enfoque, más bien han permanecido constantes aunque sus definiciones se han ido perfilando. Así por ejemplo, la variable que representaba *los significantes* (I) como uso de lo «ya sabido» o *inclusor* entre los constructos del esquema de conocimientos y los nuevos, pasa a ser representada según el caso por otro tipo de definición: la que sólo aprecia un *conocimiento que se aplica* y para lo que se arbitran categorías, ahora diferentes y específicas, como D o A (destreza, o respuesta cortés, repetición de algo, etc.). A su vez, la variante (I) pasa a la de señalar la «actitud» en relacionar incluso lo superfluo y no estrictamente necesario, bajo el empeño de hacer consistente cada nuevo conocimiento con lo sabido.

Es así el caso de categorías como la denominada «*significación*», que inicialmente se piensa tiene solamente como atributo la capacitación; la búsqueda de casos negativos, lleva a extender el constructo inicial a acoger casos en los que la capacitación no se pone de manifiesto, pero sí otros comportamientos que sí se estima son representativos de la categoría (como son la asociación lógica de los recursos, una manipulación coherente de los datos, etc.).

Comparaciones constantes

Esta estrategia combina la codificación de categorías inductivas con un proceso simultáneo de comparación de todas las incidencias observadas. **A medida que se registran y clasifican los fenómenos, se les compara en las distintas categorías en que pueden ser integrados.**

Al compararse constantemente los acontecimientos detectados con otros anteriores, se pueden descubrir nuevas dimensiones tipológicas y nuevas relaciones. Es un proceso que en las fases más avanzadas de recogida y análisis predomina sobre los anteriores, salvo si se producen cambios en el devenir de los acontecimientos y se detectan nuevos fenómenos.

Análisis tipológico

Consiste en dividir todo lo que se observa en grupos o categorías sobre la base de alguna regla de descomposición. **Las tipologías se pueden diseñar a partir de un marco teórico o conjunto de proposiciones**, o bien desde concepciones cotidianas o del sentido común. **A continuación, dichas categorías (tipo de acontecimiento, momento en que ocurre, participantes implicados, reacción de éstos y contexto físico) se pueden clasificar para determinar las relaciones intercategoriales.**

Una vez señalado el escenario físico, como es por ejemplo la clase de Física de un nivel y un centro; el devenir de la misma, como tipo de acontecimiento, la codificación de los participantes e investigador-profesor, especificado el período de ocurrencia, etc., las

reacciones de los participantes podrán identificarse como *elementos de alguna categoría emergente*, tales como: cooperación en las *tareas de enseñanza/aprendizaje*, *toma de decisiones*, etc.

A partir de otros episodios de campo del mismo escenario, asimismo codificados, sería posible desarrollar **un sistema de codificación intercódigos que indicara las relaciones entre distintas categorías**.

«Por ejemplo, el investigador podría desear intercodificar los acontecimientos de la clase con la reacción de los participantes denominada ‘toma de decisión de los alumnos’ para descubrir los acontecimientos donde éstos mostraran su máximo nivel de autonomía» (Goetz J.P. y Le Compte M.D., 1988).

Esa intercodificación de acontecimientos con ciertas actitudes o fenómenos, descubre así en qué relaciones la actitud señalada u otro dato muestra su máximo exponente, bien causal o bien de interferencia. La finalidad será la construcción de la realidad del escenario concreto.

Una segunda categoría de análisis tipológico es la que supone que los fenómenos son divisibles en las siguientes categorías: actos, actividades, significados, participación, relaciones y escenarios. Inicialmente, los fenómenos observados se incorporan a una u otra de estas categorías y en el interior de éstas se elaboran las tipologías. A continuación se examinan las observaciones en busca de regularidades intercategoriales que podrían servir de base a explicaciones causales o de consecuencias, vínculos y relaciones. **Si estas propiedades no son compartidas uniformemente por las unidades de la categoría, se pueden utilizar para determinar subcategorías o una jerarquía dentro de la categoría.**

3.3.3. Los elementos de la diagramación

Introducción

Se entiende por *diagramación* el proceso para sacar a la luz los constructos de los participantes, escuchando o registrando todo. También como el de identificar y elaborar el esquema de utilización de los acontecimientos. Estos acontecimientos se identifican y suscriben bajo las técnicas descritas, como son el análisis tipológico, la inducción analítica, o las de comparaciones constantes: las que, como se ha dicho, combinan la codificación de categorías inductivas con la comparación de las incidencias observadas para la generación de teorías.

Una realidad no consecuente con procesos lineales lleva a adoptar conscientemente una actitud inductiva, la que refleje los acontecimientos tal y como se producen, dando lugar a los no previstos; pero el polo verificativo también está presente informando de los datos previsibles o buscados bajo marcos deductivos, como los que organizan los datos cuantitativamente para controlar o verificar proposiciones.

Se comienza por dividir todo lo que se observa en grupos o categorías (tipo de acontecimiento), sobre la base de alguna regla de descomposición de los fenómenos (análisis tipológico); cada categoría da fe de que se produce un evento clasificado bajo una unidad analítica que responde a ciertas proposiciones.

Al principio se trataba de prestar atención a aquellas categorías taxonómicas, que preferentemente informan de fenómenos más bien relacionados con «condiciones de entorno», como por ejemplo la distinción entre una instrucción en elementos teóricos frente a las aplicaciones; o si el dato derivaba de un comentario, o de una pregunta; o el lugar, la hora, etc., con el fin de relacionarlos luego con las variables investigadas. También al comienzo, la atención se centró en focos que expresan resultados, como la capacitación. No obstante, el espectro tipológico que así se obtenía se revela insuficiente, los acontecimientos más subjetivos o descriptivos, asociados al devenir en los itinerarios del fenómeno e/a se pierden, lo que finalmente da paso a aquellos representativos del «cómo» se producen los hechos.

Investigación y recuento se orientan cada vez más a los constructos que surgen del continuo comportamental, en procesos de abstracción en los que las unidades de análisis se revelan de la observación y la descripción.

Se perfilan dos focos: el más ligado a la construcción del conocimiento por un lado; y por otro el indicador del talante, o que aprecia el grado del acuerdo o sintonía entre las expectativas de los alumnos, y los hechos reales con los que se encuentran.

Es de señalar que frente a la actitud común de los estudios etnográficos que tratan de construir un ambiente lo más mínimamente contaminado por la presencia del observador-investigador, en el caso presente esa pureza no tiene objeto, ni el mismo sentido, ya que de lo que se trata es de una tarea educativa, donde el investigador-profesor es ahora elemento constituyente del ambiente. Lo que ahora ha de cuidarse es la manera en que sus actuaciones se incorporan como fenómeno, o se implican con otros.

4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. LOS FOCOS DE ATENCIÓN DEL ANÁLISIS TIPOLOGICO

4.1.1. Sistema de codificación en categorías y subcategorías

Los focos se constituyen en el ámbito de actividades que integran un determinado tipo de eventos. Así se arbitran *categorías* que clasifican dichos eventos en cada foco, las que representan fenómenos o formas contrarias del mismo. Cada forma se matiza luego bajo unidades distintas.

Los dos focos que se eligen van a tener cada uno relación con conceptos ligados al proceso enseñanza/aprendizaje diferentes. El uno como reflejo de lo que suceda en el ámbito de lo emocional, como sintonía o rechazo; el otro, el de las actividades precisas en el desarrollo del conocimiento y la instrucción. Y se estima que entre ambos, *el conjunto* queda descrito con la amplitud deseada. Dichos focos son:

FOCO 1. FENOMENOS ACTITUDINALES. *Son exponente del grado de implicación o sintonía frente al proceso. Se dividen en dos categorías que van a tener como código (M), y (A) o (N), y que representan respectivamente: Movitación y Apatía o Negación.*

FOCO 2. APRENDIZAJE. *Clasifica los modos en el mismo. Dos categorías: Significación (S) y Simple Destreza (D), que contextualizan dos formas de aprendizaje quizá complementarias, pero antagónicas. S: como la búsqueda de relaciones lógicas entre constructos para derivar en las actuaciones; D: como búsqueda (memorística o copia) de las relaciones de las situaciones similares.*

Subcategorías cubren el espectro de incidencias diversas en las que las categorías se revelan. Algunas se harán coincidir con aspectos de las variables observacionales que se desea controlar, otras son parámetros cuya conjunción con las anteriores interesa por el fenómeno que ponen de relieve, o bien porque emergen en el recuento como eventos a destacar.

Los eventos que principalmente se van a tipificar, representan las actividades en clase que se corresponden con los episodios verbales, y son en mayor medida la respuesta de los alumnos. Pero no serán los únicos; también actividades de expresión escrita van a ser analizados y comparados.

Cada actividad se codifica por el espaciado y en el propio texto. Para cada categoría o subcategoría se utiliza sistemáticamente un código entre paréntesis, en un sistema envolvente de categorías y subcategorías.

En primer lugar se tipifican junto al evento las unidades analíticas que se corresponden con las notas de campo. Luego para la enumeración, se presentan codificados según las categorías o subcategorías que se derivan de dichas unidades, ahora a la izquierda de los textos.

Es necesario en primer lugar descubrir y catalogar las unidades analíticas teniendo en cuenta:

- 1ª Que todos los datos que representan los fenómenos de la investigación tengan registro.
- 2ª Definir cada categoría mediante el conjunto de caracteres que informan sus unidades analíticas, de manera que siempre que se produzcan éstas se genere la categoría.
- 3ª Que las mismas, según la citada definición, representen un conjunto de proposiciones y conceptos capaces de decir algo sobre la teoría.
- 4ª Que de sus asociaciones e inferencias sea posible extraer relaciones o dependencias.

Determinación de categorías y subcategorías (unidades analíticas que les caracterizan)

Foco: Actitud

El primer foco es el que se interesa por lo que se podría denominar «talante» hacia el proceso; en el mismo las «reglas de descomposición» se establecen bajo parámetros como: grado de implicación, interés por participar..., lo que se instrumentaliza a través de las categorías: Motivación (M), y Apatía (A), que en su sesgo en la expresión más extrema se va a señalar como Negación (N).

Categorías (M) y (A) o (N): definición y diferencias con otras

M: da cuenta de participación activa, A y N representan la actitud que va: desde apatía o una muestra de simple cortesía A, a la negación por entrar en el debate u oposición explícita al mismo N, esta última es poco probable que se produzca, y menos en un curso

como éste que atiende intereses que son elegidos por los alumnos. No obstante es necesario tener en cuenta la diversidad de eventos que puedan ser categorizados.

Una diferencia de estas categorías con otras es que se instruyen desde cualquier evento, en cualquier hecho se puede hacer lectura sobre la actitud incluso aunque ésta sea un silencio, según la circunstancia se interpretará y se decidirá el tipo. La interpretación se hará en la implicación como el interés, asiduidad, lo festivo, o bien las expresiones de actitud contraria, pero no se indaga en la utilidad del evento en la consecución didáctica.

Las categorías de este foco así pueden coincidir en los mismos eventos que configuran tanto las unidades analíticas de otras categorías, como de las subcategorías.

Categoría: Motivación (M)

Unidades analíticas

- M_a : *Intervención* en forma de respuesta, manifestación, argumento..., hay seguimiento en el asunto que se trata (a la vez se aprecia en conformidad con la actitud del resto de participantes, que escuchan, asienten o debaten a la vez...). Representa una implicación normal.
- M_b : *Manifestación espontánea*: Hablan entre ellos del tema, ríen, bromean, discuten, se ayudan o preguntan. Representa la máxima implicación. Genera un *doble registro*.
- M_c : Las manifestaciones son parcas o hay silencio, pero son afines a los requerimientos en continuidad y espectación con el asunto tratado.
- (M_o): Que representa una intervención inducida, o coaccionada, pasa a ser unidad analítica de A).

Categoría: Apatía (A)

Unidades analíticas

- A_a : Intervención en la que se puede leer *desgana*, o *simple cortesía*; y se observa distracción, quizás cansancio, es muestra de un interés parco por el asunto.
- A_b : Se produce *silencio que no es expectante*, cierto desentendimiento, apatía en las respuestas.

Categoría: Negación (N)
Unidades analíticas

- N_a : *No hay atención a lo que se hace, se ocupan de otros asuntos.*
 N_b : *Se pone de manifiesto abiertamente la **contrariedad** frente a lo que se hace.*

Foco: Aprendizaje

El segundo ámbito se interesa por los «modos» en que discurre el proceso de «conocer»; representa la atención a un foco que perfila los pasos dados en lo pedagógico. Se extiende a dos tipos que sin ser del todo antagónicos, sí son los dos modos que aunque complementarios, son opuestos en los procesos de asimilación y desarrollo de lo que se aprende. Sus dos categorías son: Significación (S) y Destreza (D).

Categorías (S) y (D): definición y diferencias con otras

La primera «significación»: (S), es muestra de *conocimiento integrado*, que es capaz de desarrollar con lógica, la aplicación de la instrucción recibida al acontecimiento.

La segunda «destreza»: (D), es la de que más bien se instala en el *conocimiento memorístico*, la copia, repetición, operación simple. Es la capacidad de repetir pautas.

De hecho ambas en su conjunción, son muestra de capacitación y en parte se complementan, simplemente la primera es expresión plausible de un modo que evidencia eficacia o fertilidad, la aplicación es coherente con lo sabido, capaz de detectar las desviaciones con lo que se ha aprendido de forma estandarizada.

Las dos categorías pueden derivar de unidades comunes a cualquier subcategoría, ya que estas últimas se constituyen en unidades que tienen las particularidades que caracterizan el tipo de la subcategoría.

Categoría: Significación (S)
Unidades analíticas

- S_a : *Hecho que es muestra **del debate explícito o interior**, que utiliza **coherentemente la lógica de la instrucción** en su aplicación al proceso que se analiza, o a la resolución de casos ya conduzca o no a la solución eficaz.*

- S_b : Asociación de recursos, alusión, estrategia que, aunque no lleve a la solución más efectiva, es muestra de combinación lógica de los recursos y procedimientos aprendidos.
- S_c : La significación se detecta en la aparición como evento de un *silencio*, pero que en el caso el mismo es coherente con la situación, se presenta por ejemplo una incongruencia, falta un dato...
- S_o : Significación que se presume ha sido *inducida externamente*. No da lugar a contabilizar (*S*), sino el registro inducción (*O*), que representará dicha subcategoría.

Categoría: Destreza (D)

Unidades analíticas

- D_a : Se aprecia conocimiento, pero sin muestra de análisis sistematizado a las singularidades del caso; puede ser *proceso que se apoya en la memoria simple*, copia de parámetros, mención al azar...
- D_b : Se resuelve un proceso en lo *analítico simple*.
- D_o : La intervención se presume inducida. Se genera además de (*D*), el registro (*O*): de inducción..

Subcategorías

Eventos que derivan jerárquicamente del conjunto de características comunes en las unidades analíticas que definen las categorías.

Las subcategorías se contabilizan o registran a través de unidades analíticas de algunas o todas las categorías. En el registro de unidades siempre estuvo presente la idea de poder apreciar las particularidades de las variables que se desea estudiar aquellos recursos en la epistemología introducidos (en un principio se pensó en ellas como posibles categorías). Las citadas variables han encontrado la manera de revelarse a través de algunas de estas unidades analíticas que recogen aspectos que se repiten entre las categorías.

Así, derivadas de unidades que poseen ciertas características entre las de las categorías, se dividen por conveniencia de la investigación en: *las que pueden decir algo en torno a las variables del enfoque que se desea investigar, las que informan del curso de la investigación*, o bien las que *muestran un fenómeno que se aprecia, sin haber sido esperado*, informando por ejemplo de la linealidad del conocimiento. También, entre las segundas se atiende la necesidad de distinguir hasta qué punto la actuación ha dependido de factores externos, como el profesor-investigador.

Son exponentes de la primera consideración: G (Generalizar), I (Inclusores) y CC (Cambio Conceptual); de la segunda: F (Conflicto) y O (Inducción); en tercer lugar: T (Intervalo de tiempo entre ciertos eventos).

Subcategoría: Generalizar (G)

Fenómeno que *representa la aplicación de una estrategia que se cimenta en la Metodología general que utiliza la Física*. También es muestra de un proceder que relaciona lo general y lo particular, y unifica esquemas.

Unidades analíticas

- G_a: Recoge la alusión a *los Principios del Método y su Paradigma*, o a los recursos derivados del mismo.
- G_b: Se aprecia una actitud por *relacionar lo particular con lo general*, de articular los recursos conforme a alguna metodología.
- (Y en ambos casos, por ser importantes a la consistencia).

Subcategoría: Concepto inclusor (I)

Refleja la actitud por *relacionar significativamente cada estadio de una actividad, concepto o recurso, con lo que se tiene por sabido*. Esta actitud no huye de la complejidad, a veces gratuita que ello requiere, que muestra que se mantienen a flote en el proceso de memorización, los ensambladores de unas ideas con otras.

Unidades analíticas

- I_a: Mención de algo que *da sentido* a un concepto o actividad, y que no es estrictamente necesario para resolver.
- I_b: *Se hace referencia* continua a los elementos que aunque superfluos, o triviales, esclarecen relaciones en el discurso, le dan continuidad, y comprensibilidad.

Subcategorías: Cambio Conceptual (CC) o (C); (P) es la subcategoría que implica un hecho opuesto en relación a CC: Cambio Conceptual

En sus dos acepciones (CC) y (C), representa tanto la integración o adquisición de un concepto nuevo (como fenómeno que organiza y cataloga los eventos del mundo), como la de una nueva relación entre los mismos (postulado, o proposición causal), o la de un conjunto de proposiciones (que son las teorías). Ahora, estos atributos en los contenidos en el Paradigma actual o Relativista, modo (CC) implican no sólo conocer más, sino también «sustituir» esquemas y conceptos.

En todo caso, compete a esta subcategoría cualquier conocimiento en torno a conceptos, esquemas, proposiciones o teorías.

Las diferencias entre las dos formas del modo, se debe a que se van a comparar tipos «iguales», o más bien semejantes, en escenarios distintos; y hace necesario precisar el matiz que esta subcategoría tiene en cada uno.

Lo que caracteriza esta subcategoría en el modo (C), es que señala que se produce «adquisición de conocimiento nuevo», sea éste teórico, como: ideas, conceptos, declaraciones...; o para la actuación: se relaciona, obtiene, representa. Pero si lo que se tiene por «sabido», ahora ha de ser reemplazado, casi «olvidado», bajo un trabajo añadido de supervisión y cambio el modo es (CC). Los reajustes en la metodología y en las actitudes que esta pedagogía introduce a este fin, son el objeto de análisis que interambientes, equiparando estos modos, contrasta si el nivel en la cognición entre ambos se aprecia similar o diferente, y en qué manera se establecen las diferencias.

(P): registra el conflicto o error particular de la *persistencia de los conceptos o esquemas que se quieren modificar o reemplazar*, y éstos se ponen de manifiesto, es decir hay muestra de que no se ha conseguido su sustitución.

Unidades analíticas de (C) o (CC) y de (P)

- C_a o CC_a: Se aprecia *conocimiento en torno a un esquema o concepto nuevo*: (C); o bien además sustituye a otro: (CC).
- C_b o CC_b: Aprecia el *uso de un recurso o concepto nuevo*; o de un cambio conceptual (CC) del que se deriva la actuación, aunque no se explicita en la misma.
- C_c o CC_c: Aplicación analítica.
- C_d o CC_d: (P) Esta unidad analítica representa el caso de hacer referencia al cambio conceptual que podría ser oportuno, pero que en su lugar se produce el *conflicto o error que además da cuenta de la persistencia del constructo que debería haber sido sustituido*; configurado bajo (CC_d) categoriza como (P) y a veces también (F), distinción que se hace dada la importancia que en la instrucción por cambio conceptual tiene el evento negativo, el

que señala que la misma se enfrenta a una situación que no supera a la hora de aplicar los nuevos constructos.

El caso C_d representa simplemente no utilizar el conocimiento de mayor complejidad bien en lo conceptual o el recurso, lo que categorizará como conflicto (F).

Subcategorías: Conflicto (F) e Inducción (O)

Refieren aquellos modos del proceso cognitivo que explican su trayectoria. La primera (F), procede de un factor interno, o subjetivo, que expresa en qué momentos el alumno se encuentra con un problema. La segunda (O) en cambio, aquellos otros en los que la actuación se genera de uno externo, o inducido generalmente por causa del profesor-investigador. (O): inducción es además un factor de control, ya que su conjunción con otras puede invalidarlas del modo que más adelante se explicita.

Subcategoría: Conflicto (F)

Describe la no linealidad del proceso, es decir, señala cuando el mismo se presenta a los educandos con poca claridad; la presencia de (F) da fe del encuentro de una dificultad que se expone al debate, o se critica; F representa con su frecuencia las dificultades, muchas o pocas, de acomodación y de acreditación, sobre todo útiles a señalar en el estudio de los nuevos conceptos.

Unidades analíticas

- F_a: Es una expresión de conflicto, en forma de *error*, poca adecuación del recursos al caso...
- F_b: Expresión de *duda*, confusión, silencio ante una cuestión...
- C_d: Conflicto asociado al uso de los recursos o conocimientos anteriores a la instrucción en similar tema, que se han ampliado.

Subcategoría: Inducción (O)

Es la constatación de la *intervención externa en el dato* por parte del profesor, es decir, que se genera porque se repite algo, o se copia, o se intuye la respuesta en una réplica a lo que se dice.

En primer lugar (O) permite visualizar los apoyos pedagógicos que se han dado a cualquier evento, y por otro matiza el alcance real de aquellos.

Esta subcategoría permite introducir como nota de campo las propias actuaciones del profesor-investigador como variable. (O): (inducción), en solitario no va a ser muestra más que de una pedagogía muy dirigida, donde el profesor simplemente conduce, o declara, con apenas base en el debate o la crítica. Su papel importante como tipo que hace indicaciones en el «cómo» de la trayectoria en su espectro más amplio se revela de las asociaciones con las otras categorías o subcategorías.

Así, esta subcategoría bajo unidades que se deducen de las particulares de otras, proporciona un dato sobre el límite de validez de éstas, o su autenticidad; además del peso en la inducción en la enseñanza.

Unidades analíticas

Las unidades que representan coacción o ayuda se configuran, por un lado, desde la nota de campo que delimita un evento, por ejemplo (S) que en apariencia representa un modo, pero su unidad analítica (S_o) dará una categorización diferente como registro, lo que ahora se describe:

Los tipos para categorizar en (O) comunes a los de otras categorías y subcategorías, hacen que éstas sean juzgadas por el dato en (O) a través del subíndice que lo menciona (unidad analítica), y así según el caso, si el dato representa un logro cognitivo al presumirse inducido, pierde valor como tal y queda anulado categorizando solo (O). Tal sucede con S, C y CC, que no forman parte del análisis axiológico cuando sus unidades llevan la asociación O: S_o , C_o y CC_o , es decir no categorizan. D como tipo que implica repetición no se ve anulado por D_o , pero sí constata además el registro en (O).

A, N, y además F: que son muestra de talante o de actitud por implicarse, debatir, discrepar, etc., no se ven afectados por O como subíndice sólo, que además se produce su registro. M, sin embargo, categoriza como respuesta de cortesía o simple repetición cuando presenta el subíndice O, es decir se convierte en A.

Los tipos que representan las variables (I) y (G), que se presentan bajo unidades en la opción con (O), aunque producen (O) como subcategoría, (I) o (G) también se consignan, dado que hay muestra además de que dichas variables están presentes.

(O) además es una unidad analítica que indica un proceso que puede estar siendo conducido en ese momento, por ejemplo, por declarativo.

Así (O) como subcategoría que sirve para matizar el entorno de datos en que se configura, además representa al tipo del perfil de la enseñanza.

Subcategorías: Intervalo de tiempo (TM) y (TL)

Se pueden considerar de segundo orden dado que, a su vez, se generan en unidades analíticas de otras subcategorías que tienen alguna cualidad específica, como un intervalo de tiempo «medio» desde la instrucción (TM), o bien intervalo largo (TL). Las mismas se originan de las unidades específicas para las subcategorías (C) o (CC) y también (P).

Ambas dicen del intervalo temporal de determinados eventos, los relacionados con los cambios conceptuales desde la instrucción, lo que además implica que en ese intervalo hubo reiteración de la instrucción en el plazo medio se supone que no la ha habido; la instrucción inmediata al caso no se señala.

Estas subcategorías no fueron consideradas en un comienzo, luego inductivamente, a lo largo del proceso, se pensó eran un dato importante en sí un tipo en la condición de entorno representan un factor en el aprendizaje para la acomodación y ajuste del conocimiento en función del tiempo.

4.1.2. Ejemplos de utilización

Los que siguen son ejemplos de episodios clasificados en el perfil de las unidades analíticas descrito, proporcionando de las categorías y subcategorías que les representan.

Los tipos en la «actitud» M, A o N, así como O, F y P (ayuda, conflicto y persistencia), se aprecian junto a los que principalmente se identifican en los ejemplos: categorías S y D, o subcategorías C o CC como expresión de conocimiento, y subcategorías I o G: expresión de herramientas cognitivas.

Ejemplos en S: *Significación*, son aquellos en el uso fértil de un concepto o esquema de resolución.

Día 1º

- P. «¿t y t' son iguales?».
- 45 [M][M[FP]] A. «Sí». «No, no». (M_b (F_b CC_d))
- P. «Es que aún teneis una concepción clásica en la que la velocidad valía...».

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_p) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 46 [MS[I]] A. «c más v». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Pero ahora c...».
- 47 [MS[CCTL]] A. «Es la misma». ($M_a S_a (CC_a TL)$)

Día 2º

- P. «Aunque en su día dichas experiencias no son concluyentes por otros factores. Así, según esto, la luz se porta como...».
- 21 [MS[G]] A. «Una onda». ($M_a S_a (G_b)$)
P. «Luego, estas experiencias se confirman con otras, porque en éstas el efecto se perdía por el ‘efecto de extinción’... Lo tratamos como onda, y según ello incorporaría la velocidad...».
- 22 [MS[OG]] A. «Del medio». ($M_a S_b G_o$) *(4)
P. «La aberración, ¿qué indica? Que el medio, éter, ¿es arrastrado?».
- 23 [M[I]] A. «Que no». ($M_a (I_a)$)
P. «Entonces en la experiencia de Michelson para el rayo que es lineal con el movimiento de la Tierra en la ida y la vuelta $v=$... (se señala el dibujo)».
- 24 [MS[I]] A. «v más c». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Y en contra».
- 25 [M][MD[OI]] A. «v menos c». ($M_b D_b I_o$)
P. «Bueno, c menos v. ¿Y para el que es perpendicular..., su resultante?».
- 26 [MS[G]] A. « c^2 más v^2 ». ($M_a S_b (G_b)$)
P. «En ambos casos los espacios (brazos), siendo iguales, los tiempos deberían haber sido...».
- 27 [MS[G]] A. «Diferentes». ($M_a S_a (G_b)$)
P. «¿Qué pasó?».
- 28 [MS[CC]] A. «Que fueron iguales». ($M_a S_b (CC_a)$)

Día 2º

- 66 [M][M[IOF]] A. «...de Lorentz». ($M_b (I_o F_b)$)
P. «Así, los intervalos medidos entre los dos sucesos en S y S’...».
- 67 [MD[GO]] A. (Dictan). «Incremento de t es igual a uno partido por la raíz de uno menos...». ($M_a D_a (G_o)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- P. «Así, si para uno pasan 5 con 5 y para otro 5 con 6...».
- 68 [M][MS[FCC]] A. «¿La distancia hay que conocerla?». ($M_b S_b (F_b CC_c)$)

Día 3º

- 24 [MS[GCC]] A. «No, ve 5 con 9». ($M_a S_a (G_b CC_c)$)
- 25 [M][MD[ICC]] A. «Cinco con nueve..., pero lo que ve es 5 con 10». ($M_b D_a (I_b CC_c)$)
A. (Discuten porque, por confusión, he puesto un segundo más de lo que es).
- 26 [MS[IG]] A. «Es que es la hora que era». ($M_a S_a (I G_b)$)

Día 4º

- P. «Y pasa S' por delante, ¿por qué en S' será el tiempo propio?».
- 2 [MS[ICC]] A. «Es un único reloj». ($M_a S_a (I_a CC_a)$) *(8)

Día 5º

- P. «¿Qué es dx/dt ?».
- 12[M][MD[ICTL]] A. «v». ($M_b D_b (I_b C_b T_l)$)
P. «Se ha englobado en p el producto...».
- 13 [MD[GO]] A. «Masa y v». ($M_a D_a (G_o)$)
P. «Si es la luz (señalo la otra velocidad, la que surge de dx/dt), es...».
- 14 [MS[IO]] A. «c». ($M_a S_a (I_b CC_o)$)
P. «Así la integral de la energía será igual a p·c, que es la de la energía radiante como la luz o de las ondas electromagnéticas. Y de aquí deducimos la relación entre masa y energía. Para ello vamos a utilizar una experiencia teórica que llamamos (y señalo que la busquen en los apuntes)».
P. «Caja de Einstein».
A. (Comentan, buscan).
P. «En ella se considera que la radiación tiene ahora masa... (se dibuja). ¿Qué pasa con el sistema (trozo de caja) cuando la radiación se emite en esta dirección?».
- 15 [MS] A. «Retrocede». ($M_a S_a$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 16 [M[F]] A. (Otros). «Avanza». ($M_a (F_a)$)
P. «¿Cómo?».
- 17 [M][M[I]] A. «Retrocede». ($M_b (I_b)$)
P. «Por el principio de conservación del momento, retrocede (el lado 1 de la caja), y con velocidad v_1' y pierde una masa pasando de m_1 a m_1' , y lo mismo el 2, que pasa a tener..., ¿más o menos masa?».
- 18 [MS] A. «Más masa». ($M_a S_a$)

Día 7º

- P. «Esa es la expresión relativista de m , sustituyendo así: $K = m_0$ partido por raíz cuadrada de $1 - v^2/c^2$ menos m_0 ». (Me olvido de escribir c^2).
- 15 [M][MS] A. «¿No falta c^2 ?». ($M_b S_a$)
P. «Sí, y se opera sacando factor común a $m_0 c^2$ ».
- 16 [M][MS[CC]] A. «¿Y v^2 es la de m ?». ($M_b S_a (CC_b)$)

Ejemplos en D: Capacidad de memorizar, resolver, buscar.

Día 2º

- 55 [MD] A. «El tiempo que se mide habrá que restarlo...». (Hablan). ($M_b D_b$)
P. «El suceso primero se produce en...».
- 56 [M[I]] A. « x_1 ». ($M_a (I_a)$)
P. «Y el segundo en x_2 ».
- 57 [M][M[CC]] A. (Hablan). «Ahora en S los tiempos...». (Intervienen muchos y no se entiende). ($M_b (CC_b)$) *(3)
P. «El primer suceso se produce en...».
- 58 [AD] A. « x_1 ». ($M_o D_b$)
P. «Y sé que se produce por la señal en un tiempo t_1 que medimos como siempre».
- 59 [M] A. (Asienten). (M_o)
P. «El segundo...».
- 60 [A[IO]] A. «En x_2 ». ($M_o (I_o)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 5º

- 47 [MD[CCO]] A. « $p/v \cdot c^2$ ». ($M_a D_b (CC_b O)$)
 P. «Vamos (porque conviene) a multiplicar E por diferencial de E». (Se escribe según van dictando algo, pero no se oye; lo tienen delante en los apuntes).
 P. « $E = m \cdot c^2$, $m = p/v$; $dE = dp \cdot v$. Se simplifica, queda... E integrando: $\int E dE = \int c^2 p dp$ ».
- 48 [M][MD[G]] A. «Un medio de p^2 por $c^2 \dots$ » (dictan varios) «...más constante». ($M_b D_b (G_b)$)
 P. «Y la constante (¿cómo se halla?) se ve cuando p es...».
- 49 [MD[GTL]] A. «Cero». ($M_a D_b (G_b T_l)$)

Día 6º

- P. «Recordamos..., ¿cuál es la adición de velocidades derivada de los Postulados?».
- 9 [MD(CCIO)] A. «Si v y u_x coinciden (en dirección), $u_x = u'_x + v / (1 - u'_x \cdot v)$ ». ($M_a D_a (CC I_o)$)
 P. «Partido...».
- 10 [AS] A. «...Por c^2 ». ($M_o S_o$)
 P. «Y, ¿qué tiene de notable?».
- 11 [M][MS[CCG]] A. (Hablan entre ellos, silencio...). «Que es máxima. La velocidad de la luz...». (Hablan varios...). ($M_b S_b (CC_c G_a)$)
 P. (El ejemplo de que sean c y c). «En la adición clásica, ¿qué da?».
- 12 [MD[IO]] A. « $2c$ ». ($M_b D_b (I_o)$)
 P. «Pero ahora...».
- 13 [MD[I]] A. « $c + c / (1 - c^2/c^2 \dots)$ ». (Se va resolviendo). ($M_a D_b (I_b)$)

Día 6º

- 53 [M[I]] A. « $m \cdot v$ ». ($M_a (I_a)$)
 P. «Y m...».
- 54 [M][MD[CC]] A. (Dictan muchos) «Igual a m_0 partido por raíz de $1 - v^2/c^2$ ». ($M_b D_b (CC_c)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Subcategorías I y G: son los elementos pedagógicos en los que la epistemología particularmente se implica.

Ejemplos de I: como actitud por relacionar; viene representada por cada concepto inclusor, o actividad utilizada en proporcionar cierta consistencia.

Día 1º

- | | | |
|---|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | [MG] | A. «La ecuación del movimiento». ($M_a (G_a)$)
P. «Lo que representa... concretamente conocer...». |
| 3 | [M[I]] | A. «La situación...». ($M_a (I_b)$)
P. «Es decir, la posición...». |
| 4 | [MD[G]] | A. «Respecto del tiempo». ($M_a (G_b D_a)$)
P. «¿En relación a...?». |
| 5 | [MS[I]] | A. «Posición en el espacio». ($M_a S_b (I_b)$)
P. «Para cada tiempo...». |
| 6 | [M[IO]] | A. «En cada instante...». ($M_a (I_o)$)
P. «Y para averiguar... dónde está, ¿cómo lo medimos?». |
| 7 | [M[GC]] | A. «En función de un sistema de referencia». ($M_a (G_a (C_b))$)
P. «Y eso es lo que vamos a hacer... y considerar al espacio, ¿cómo?». |
| 8 | [M[IOC]] | A. «Tridimensional». ($M_a (I_o CC_b)$) |

Día 1º

- | | | |
|----|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 39 | [M[I]] | P. «Se dibuja el rayo en S' y recorre r' y en S recorre r. Su velocidad no depende...».
A. «Ni del foco emisor ni del medio». ($M_a (I_a)$)
P. «¿Está bien el dibujo? ¿Para S' recorre r' y para S, r?». |
| 40 | [MS[IO]] | A. «Sí». ($M_c S_b I_o$)
P. «Como espacio, r lo puedo escribir...». |
| 41 | [M[GD]] | A. «Velocidad por tiempo». ($M_a D_b (G_b)$) |

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 2º

- 17 [MS[I]] A. «Las estrellas dobles». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Cree Einstein que la luz no...».
- 18 [MS[IOCC]] A. «Incorpora la velocidad...». ($M_a S_b (CC_b I_o)$) *(5)
P. «Y otra experiencia».
- 19 [M[I]] A. «Del sol». ($M_a I_a$)

Día 2º

- P. «Sin embargo, nosotros seguimos utilizando la Transformación de Galileo, ¿por qué?».
- 39 [M][M[G]] A. «Porque son velocidades pequeñas». ($M_b (G_a)$)
P. «Por ejemplo, si v es muy pequeña, este término es...».
- 40 [MD] A. «Cero». ($M_a D_a$)

Día 3º

- P. Suponemos que hay estrellas.
- 11 [M[OI]] A. «Las estrellas». ($M_c (I_o)$)
P. Es decir, todo..., S es el Universo, todo, y ahora un reloj que pasa. (Se dibujan relojes).
- 12 [MS[OCCG]] A. «Por los otros». ($M_a S_b (CC_c G_o)$)
P. Está bien, eso es lo que diferencia los dos sistemas. ¿Y podemos decir que es la nave la que se mueve y no el Universo en sentido continuo?
- 13 [A[CCGO]] A. «No». ($M_o (G_o CC_o)$)
P. Está claro, no se puede en principio diferenciar. (Es el Primer Postulado).

Día 5º

- 4 [MD[G]] A. « 10^{-7} ». (Se refiere al tiempo; puede no ser correcto en centímetros pero se ve que entienden que cada metro o centímetro representaría el inverso en tiempo). ($M_a D_b (G_b)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- P. «Eso sí, así se midió: que los e^- acelerados aumentaban su velocidad, pero hasta un límite».
- P. «Así tenemos (experimentalmente) que ningún objeto material puede alcanzar velocidades mayores que...».
- 5 [AO[GCC]] A. «...que la de la luz». (Se oye mal). ($M_o S_o (G_b CC_b)$)
P. «Hecho probado en los aceleradores de partículas. Y si ahora queremos mantener los Principios de Conservación, por ejemplo...».
- 6 [M[GTL]] A. «De la energía». ($M_a (G_a TL)$)
P. «¿Y/o?».
- 7 [AD[GO]] A. «Del momento». ($M_o D_b (G_o)$)
P. (Vamos a ver qué pasa). «Si el tiempo es relativo, la energía relativa..., pero los principios se mantienen...». «Vamos a conjugar esto. ¿Recuerdan la expresión de la energía? Es igual...»

Día 5º

- P. «¿El sistema es aislado?».
- 19 [A[F]] A. (Silencio). «Porque no...». ($M_o (F_b)$)
P. (No se entiende).
- 20 [M[GI]] A. «Porque no hay fuerzas». ($M_a (G_a I_a)$)

Día 7º

- P. « v^6/c^6 son prácticamente...».
- 18 [M][MD[IO]] A. (Varios). «Cero». ($M_b D_b (I_o)$)
P. «Y el primero, v^2/c^2 , ¿se anula?».
- 19 [MS] A. (Varios). «No». ($M_a S_a$)
P. «Se ve que v^2 y c^2 se anulan, y esto fijense qué forma tiene».
- 20 [M[ICC]] A. « $1/2 \cdot m_o \cdot v^2$ ». ($M_a (I_a CC_b)$)
P. «Se dan cuenta que ésta es la expresión e la energía cinética clásica, ¿no?».
- 21 [MS[G]] A. «Es lo mismo». ($M_a S_b (G_a)$)
P. «Para velocidades pequeñas, podremos prescindir de estos términos (señalo), y tenemos la expresión clásica, ¿no?».
- 22 [A[G]] A. «Sí». ($M_o (G_a)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Subcategoría CC: representa el conocimiento en el que además e produce un cambio conceptual o de los esquemas de pensamiento.

Día 2º

- 88 [M[F]] P. «¿Qué pasa...? Me alejo».
A. (Hablan, discuten). ($M_c (F_b)$)
P. «Me muevo..., ¿qué le pasaa mi reloj?».
- 89 [MS[CC]] A. «Retrasa». ($M_a S_b (CC_a)$)
- 90 [M][MD[CC]] A. «Más pequeño». ($M_b D_b (CC_c)$)
- 91 [M] A. (Hablan entre ellos, preguntan). (M_c)

Día 6º

- 14 [MS[CCGO]] P. «Es igual a...».
A. «A c». ($M_b S_a (CC_b G_b O)$)
P. «¿Algún ejemplo o experiencia que lo confirma?».
- 15 [MS[I]] A. «...Que la velocidad de los electrones... no aumenta». ($M_a S_b (I_a)$)

Día 7º

- 5 [MS[GCC]] P. «Sin embargo, el sistema S mide para ese objeto una masa...».
A. «m». ($M_a S_b (G CC_a)$) *(4)
P. «Este (señalo en el encerado) sistema mide m_0 y éste m. Así que la energía que S' mide para m_0 ...».
- 6 [M][MS[GCC]] A. « m_0 por c al...». ($M_b S_b (G_b CC_b)$)
P. «Ahora, llegamos a la relación relativa entre m y m_0 . Era...».
- 7 MD[IO] A. «m igual a m_0 partido por raíz de l menos v^2 partido por c^2 ». ($M_a D_a (I_o)$)
P. «Que es la relación entre el valor de la misma medida por sistemas diferentes. Pero el sistema S tiene a su vez una masa (por ejemplo M_0) y que para S' será...».
- 8 [MS[CC]] A. «m». ($M_a S_a (CC_a)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_0) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 7°

- 11 [MD[G]] A. « $E = 1/2 \cdot m \cdot c^2$ ». ($M_a D_b (G_a)$)
 P. «Pero ahora utilizamos la que..., en función de m escribimos».
- 12 [MD[GCC]] A. « $m \cdot c^2 - m_0 \cdot c^2$ ». ($M_a D_b (G_a CC_a)$) *(17)
 P. «Y así con m con el valor de...».
- 13 [M[I]] A. «...Está también ahí». ($M (I_b)$)
- 14 [MD[I]] A. (Señalan m_0 partido por raíz cuadrada de $1 - v^2/c^2$). ($M_a D_a (I_b)$)

Día 7°

- 68 [M[CC]] A. « $m \cdot c^2$ ». ($M_a (CC_c)$)
 P. «Eso es, y...».
- 69 [MSO[CC]] A. «menos $m_0 \cdot c^2$ ». ($M_b S_b O (CC_a)$)
 P. «¿m es?».
- 70 [MD[IOCC]] A. « m_0 partido por la raíz cuadrada de uno menos v^2/c^2 ». ($M_a D_a (I_o CC_b)$)
 P. «Y como $m_0 \cdot c^2$ (conocido) sacado factor común es esto..., v será igual a...».

Subcategoría P: como dato que pone de manifiesto el conflicto particular en el que los conceptos que debían ser remplazados persisten.

Día 1°

- 15 [M[FP]] A. (Silencio). «Sí». ($M_a (F_a) CC_d$)
 P. «Ahora vamos a la luz, ¿incorpora la velocidad de su fuente?».
- 16 [M[I]] A. «No». ($M_a (I_a)$) *(5)

Día 2°

- 61 [M[FP]] A. «Sí». ($M_a (F CC_d)$)
- 62 [MS[CC]] A. «No, no». (Varios). ($M_a S_a (CC_a)$) *(8)
 P. «¿t' transcurre igual en sistemas con movimiento relativo?».

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 4º

- P. «Vimos un ejemplo, cuando sumamos en clásica, por ejemplo 0,6c y 7c, ¿qué se mide?». (Rectifico 0,7 por 7).
- 46 [MD[OI]] A. «1,8c». ($M_a D_c (I_o)$)
P. «¿Es es posible?».
- 47 [M[FP]] A. «Sí». ($M_a (F_b CC_d)$)
P. «¿Una velocidad mayor que la de la luz?».

Subcategorías TM y TL: las que registran que la consecución de conocimientos o conflicto se revela al cabo de un tiempo desde la instrucción del tema en cuestión.

TM: plazo de tiempo «medio» en el que no se ha reiterado en los conceptos y se han tratado otros asuntos.

Día 5º

- P. «Lo que es la fuerza».
P. «Y..., ¿por?».
- 11 [A[FTM]] A. (dx no se oye casi). ($M_o (F_b T_m)$)

Día 6º

- P. «Escribíamos entonces que $E = a$ la integral...».
- 20 [MD[CFTM]] A. «De p». ($M_c D_a (C_a T_m F_b)$)

Es de señalar que este tipo, en este momento en el que se procede a la instrucción (tiempo inmediato), apenas podrá darse en los asuntos del tema (Introducción al Modelo del Paradigma actual). Cuando sí se va a observar lógicamente es más adelante, por ejemplo en la evaluación.

TL: plazo «largo», incluye el intervalo de tiempo que reitera la instrucción de los temas (como por ejemplo sucede en la revisión, y recuperación de una evaluación).

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 1º

- P. (Se pregunta qué recuerdan de estos particulares sobre el comportamiento de la luz).
- 1 [M][GCCTL] A. «Que no depende del foco». ($M_a (G_b CC_a TL)$)

Día 1º

- 13 [M][IOCTL] A. «Tres por 10 a la ocho metros por segundo». ($M_a (I_o C_b TL)$)
P. «¿Y si camino, qué velocidad mido? $¿3 \cdot 10^8?$ ».
- 14 [M][GOI] A. «Es constante». ($M_a (G_a O I_b)$) *(1)
P. «Los demás están de acuerdo en que la luz sigue alejándose de mí a...».
- 15 [MS][CC[TL]] A. «Con la misma velocidad». ($M_b S_a (CC_a (TL))$) *(3)
P. «He querido recordarlo, ya que era un concepto contrario al sentido común, pero vamos a desarrollarlo».

Día 1º

- P. «¿t y t' son iguales?».
- 45 [M][M][FP] A. «Sí». «No, no». ($M_b (F_b CC_d)$)
P. «Es que aún teneis una concepción clásica en la que la velocidad valía...».
- 46 [MS][I] A. «c más v». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Pero ahora c...».
- 47 [MS][CCTL] A. «Es la misma». ($M_a S_a (CC_a TL)$)

Día 4º

- P. «Se puede derivar x' respecto a t'».
- 31 [M][MO][CTL] A. «No». (Varios). (Comentan). ($M_b S_o (C_b TL)$)
P. «¿Por qué? Se ve que no es función». (Se cambia x' por x en la transformación). «Sin embargo, ¿t' se puede derivar respecto a t?».
- 32 [MS][C] A. «Sí». ($M_a S_b (C_b)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 4°

- P. «Y la masa aumenta».
- 60 [MS[GPFTL]] A. «¿No es la masa constante?». ($M_a S_a (G_a P F_a T_l)$)
 P. «Es constante para un sistema de referencia, pero respecto a otro puede, según la Relatividad, variar también».

Día 5°

- P. «Hecho probado en los aceleradores de partículas. Y si ahora queremos mantener los Principios de Conservación, por ejemplo...».
- 6 [M[GTL]] A. «De la energía». ($M_a (G_a TL)$)
 P. «¿Y/o?».
- 7 [AD[GO]] A. «Del momento». ($M_o D_b (G_o)$)

Día 6°

- 22 [MD[ICTL]] A. «Por diferencial de x». (Se oye mal). ($M_a D_a (I_b C_a TL)$ *(2))
 P. «Eso es». (Y ahora debo reagrupar términos).
 P. «Es decir, integral de...».
- 23 [MS[G]] A. «Diferencial de p·v». (Varios chicos y chicas). ($M_a S_b (G_b)$)

Algunos episodios que representan un silencio, o describen la situación como nota del campo, se han tipificado para considerarse el fenómeno que representan. Son ejemplos de silencios significativos, es decir que implican una duda o cuestión que no se expresa (F).

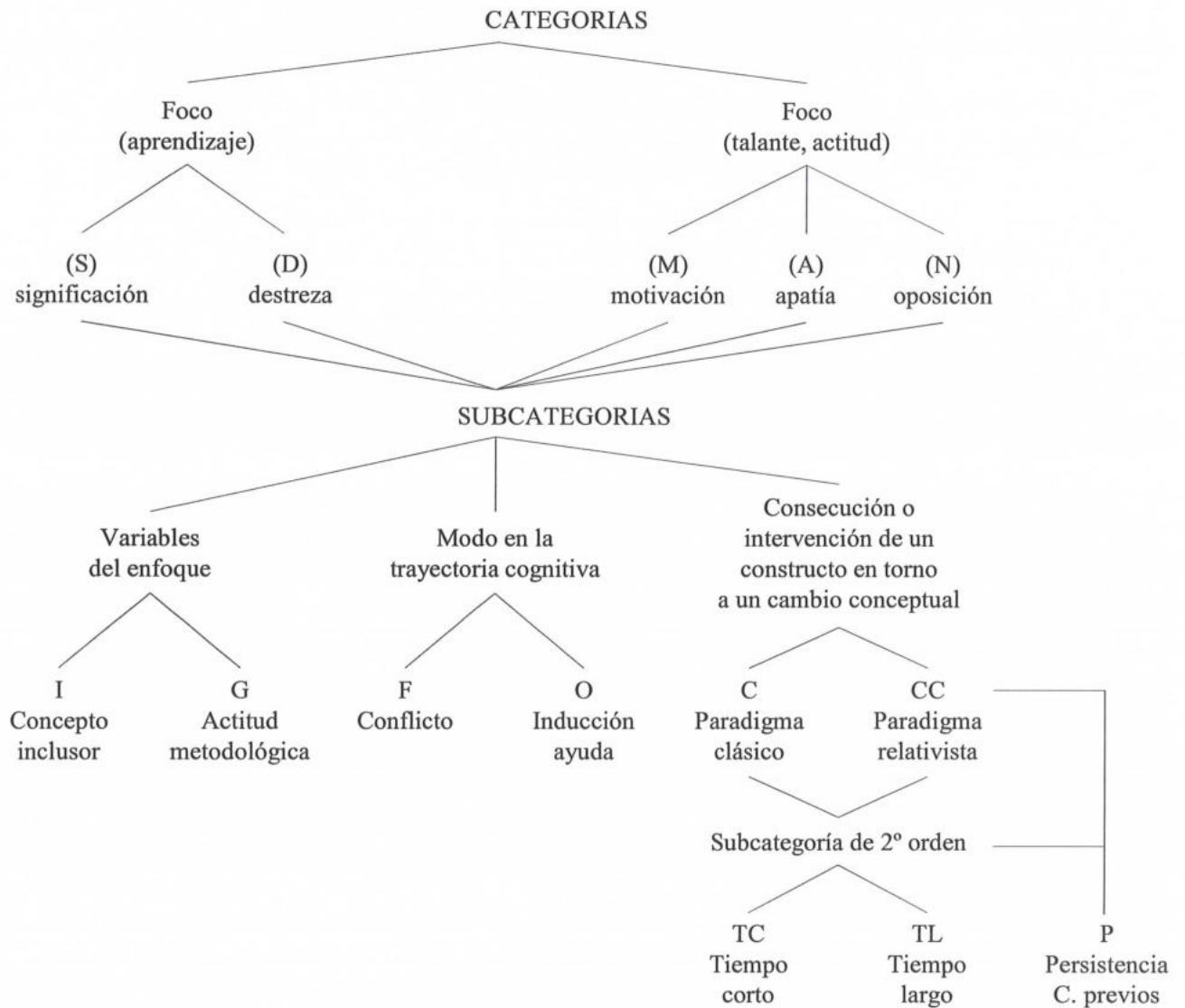
Los episodios 12, 16 ó 22 del primer día (ambiente problema). Distintos de lo que se estiman es una pausa que no categoriza, por ejemplo las de los episodios 14 y 15 ó 56 y 57 del 5° día.

Ejemplos de las notas de campo que representan un evento (como una discusión, etc.) y que categorizan son: el 37 del 7° día y el 21 del 5° día.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Resumen de modos en categorías y subcategorías



4.2. LOS DATOS

4.2.1. Características de los datos brutos codificados

Introducción

La estrategia analítica que se basa en el cálculo de frecuencias de los fenómenos, precisa de su integración en forma de categorías definidas, previa codificación de las notas de campo en ellas. Como en todas las técnicas enumerativas las unidades de análisis se especifican -como ya se hizo- con anterioridad a la recogida de datos, y determinadas por la naturaleza de las categorías codificadoras que de forma inductiva fueron informando.

Los datos obtenidos bajo técnicas de recogida, la mayoría *intrusivas* -grabación de los episodios verbales-, se dividen en dos escenarios.

Del total de las grabaciones -que se extiende a todo el curso, con excepción de los días primeros en los que aún se está perfilando el método para hacer el seguimiento- se seleccionan los dos bloques de datos que se constituyen en los dos ambientes «problema» y «patrón». El primero consta del conjunto de clases que se dedican a referir los principales elementos del Modelo del Paradigma actual (o Relativista), que representa el bagage de conocimientos por «cambio conceptual» más drástico: 7 sesiones. El segundo se establece también en 7 sesiones seguidas, entresacadas de las clases en las que se trataba el esquema Clásico (aunque ya concebido como una particularidad del Paradigma General), específicamente éste se centra en el estudio de las dos interacciones fundamentales: gravitatoria y eléctrica, y el concepto de «campos de fuerzas» asociado a las mismas.

Los contenidos del ambiente «problema», que acogen la instrucción pormenorizada y aplicación de los Principios y Postulados del Modelo actual a la Física, en su totalidad, en realidad tratan de dar significación y abundar en los Principios del Método mencionado a comienzo de curso, con el compromiso de presentar una Física unificada.

Una vez elegidas las muestras se presentan como transcripción escrita y codificada de las grabaciones: ambiente «patrón» y «problema» (Anexo V).

Aunque representan clases grabadas de igual modo y tiempo, entre ambas existe alguna diferencia. En ambos ambientes se pasa por alto grabar los primeros minutos que se dedican al dictado de asuntos varios: programación, problemas, bibliografía, y otros como poner fechas de evaluación. La economía de tiempo que suponen esos minutos permite luego grabar sin fisuras ni interrupción la mayoría de los días uno solo de los lados de la cinta bajo la idea de hacer lo más imperceptible posible el hecho de que se graba. Pero también es frecuente dedicar parte de ese comienzo a la exposición más teórica o analítica, cuando discurre sin que los alumnos planteen cuestiones, lo que es habitual en los contenidos en el Modelo Clásico (permitiendo agilizar la marcha del desarrollo del

currículo). Luego, si el tema se prolonga, se graba la segunda cara: B, situación que es más frecuente en el ambiente de contenido «problema», en donde a pesar de su mayor exposición teórica, sí se muestran los alumnos pródigos a la participación y a debatir, lo que es lógico, dando el mayor bagaje en la «negociación» que estos temas tienen. Así parece oportuno que sean grabados en casi toda su extensión (caras A y a veces parte de B).

Además, se piensa en el interés que pueden tener las grabaciones de todo tipo (incluido los procesos en lo más analítico), en este ambiente del «problema» que de hecho trata, y muestra un «modo de hacer», en un asunto pedagógico que por sus peculiares dificultades es el reto al que este trabajo se enfrenta, y cualquier información sobre sus particularidades parece importante. Y aunque las unidades didácticas que se emplean (y se crearon) ya fueron explicitadas en los anexos del trabajo, se puede ahora dar a conocer cualquier pormenor de su proceso de enseñanza-aprendizaje, sobre todo la particularidad en el modo en que éste es acogido por los alumnos.

No obstante, en conjunto el tiempo fue equiparable (principalmente a causa de episodios externos, los cuales recortaron el del segundo ambiente: en un caso un examen de la clase anterior, y en otro por ceder unos minutos a cierto informe de la dirección).

Finalmente, sobre esta transcripción de lo grabado, se procede al hallazgo y tipificación de las unidades analíticas configurando categorías y subcategorías, de las que luego se derivan y apuntalan los análisis que preceden a la interpretación de los hechos y descubrimiento de los fenómenos.

La forma en el registro se contextualiza finalizadamente, es en primer lugar, bajo los símbolos elegidos para los tipos en el propio lugar del texto donde éstos se producen, a base de paréntesis envolventes. Luego, a fin de facilitar el recuento, se resaltan al margen el bagaje de registros de las categorías y subcategorías encontradas (entre corchetes).

Luego ya se procede a la enumeración (recuento) de los tipos (categorías y subcategorías que se estiman), y de sus asociaciones.

Otros datos (que servirán para abundar en el análisis) van a proceder del registro de respuestas escritas (Prueba Inicial y de Evaluación) que para inspección cualitativa también se tipifican.

4.2.2. Ambiente patrón

Incluye las grabaciones codificadas de siete días de instrucción. (Se remiten al Anexo V).

4.2.3. Ambiente problema

Incluye las grabaciones codificadas de siete días de instrucción. (Se remiten al Anexo V).

4.2.4. Enumeración y cuantificación. (Los datos en el cálculo de frecuencias)

Representa el despliegue en lo cuantitativo preciso de los fenómenos, o categorías de fenómenos. Los sistemas enumerativos así se utilizan para el control de calidad de los datos, y como complemento a los datos descriptivos.

Fundamentan la existencia y validez de las categorías e hipótesis, y se aplican una vez desarrolladas éstas. Su papel es el de corroborar ciertos fenómenos que se constatan de acuerdo con las reglas del análisis de muestras.

El cálculo de frecuencias como estrategia de codificación de las notas de campo

Traducidas a frecuencias las pautas de comportamiento, se podrán comparar los resultados con los de los instrumentos sociométricos y de las observaciones no enumerativas, tanto para la inducción como para la deducción. De forma análoga aportan material descriptivo para añadir a los intentos de generar, perfeccionar o verificar las hipótesis, también se usaran como índice de control de la calidad de los datos (por ejemplo para contabilizar los sesgos en la evaluación, o la posible contaminación de las observaciones).

El tipo de sistema enumerativo aquí usado es la estrategia analítica consistente en codificar los datos de las notas de campo en categorías definidas operacionalmente y calcular las frecuencias de los fenómenos integrados en ellas.

De los tipos de codificación, el primero consiste en que los episodios que representan cada intervención verbal se clasifican mediante un espaciado. Después, los tipos de episodios se vuelven a clasificar mediante el código sistemático antes mostrado. Todo ello se simboliza por letras en un lugar del texto.

El sistema utilizado en la presente investigación para la contabilización se sitúa en los márgenes (entre corchetes) el código particular de cada categoría y subcategoría envolviendo las primeras a las segundas. No se han utilizado números.

Mediante el análisis de narraciones codificadas, se pueden determinar ahora la distribución de tipos de eventos para poder proceder a la comparación, tanto enumerativa como cualitativa, así como a contrastar distintas formas de acontecer los mismos entre distintos ambientes o segmentos y es el caso, un mismo observador.

Los datos numéricos que ahora siguen, representan el cómputo en frecuencias de los eventos clasificados bajo los diversos tipos. Por un lado informa por un lado de la evaluación absoluta o número de veces que aparece cada registro, y por otro de su presencia relativa (tanto por ciento) sobre el total de eventos.

La muestra de la que se extraen la componen 14 sesiones o clases: 7 en cada ambiente, con un total de eventos categorizados de 798, de los cuales 350 son en el ambiente «patrón» y 448 en el «problema», cantidad que se estimó suficiente para el posterior análisis.

El recuento se hace sobre el conjunto de categorías y subcategorías, que como registros de los tipos descomponen e identifican los fenómenos. Así como también, de aquellas asociaciones entre las mismas que se han estimado importantes.

Los datos

Ambiente «patrón»

Total de episodios categorizados: 350

Cómputo de valores absolutos:

En el ámbito de las actitudes:

Nº de registros en la categoría M: 307

Nº de registros en la categoría A: 54

Nº de registros en la categoría N: 0

En el ámbito del conocimiento:

Nº de registros en la categoría S: 102

Nº de registros en la categoría D: 112

Nº de registros en la subcategoría C: 70

En el ámbito de los recursos instruccionales utilizados:

Nº de registros en la subcategoría I: 98

Nº de registros en la subcategoría G: 64

En el ámbito del «cómo» en la trayectoria del aprendizaje:

Nº de registros en la subcategoría F: 43

Nº de registros en la subcategoría O: 60

Nº de registros en la subcategoría TL: 16

Nº de registros en la subcategoría TM: 5

Nº de registros en la subcategoría F, bajo el tipo Cd: 5

Ambiente «problema»

Total de episodios categorizados: 445

Cómputo de valores absolutos:

En el ámbito de las actitudes:

Nº de registros en la categoría M: 447

Nº de registros en la categoría A: 38

Nº de registros en la categoría N: 0

En el ámbito del conocimiento:

Nº de registros en la categoría S: 142

Nº de registros en la categoría D: 106

Nº de registros en la subcategoría C: 19

Nº de registros en la subcategoría CC: 93

En el ámbito de los recursos instruccionales utilizados:

Nº de registros en la subcategoría I: 144

Nº de registros en la subcategoría G: 93

En el ámbito del «cómo» en la trayectoria del aprendizaje:

Nº de registros en la subcategoría F: 80

Nº de registros en la subcategoría O: 127

Nº de registros en la subcategoría TL: 18

Nº de registros en la subcategoría TM: 8

Nº de registros en la subcategoría P: 9

Ambiente «patrón»

Cómputo de valores de los registros frente al total:

En el ámbito de las actitudes:

Porcentaje de datos M: 87,9%

Porcentaje de datos A: 15,5%

En el ámbito del conocimiento:

Porcentaje de datos S: 29,2%

Porcentaje de datos D: 32,1%

Porcentaje de datos C: 20,1%

En el ámbito de los recursos instruccionales utilizados:

Porcentaje de datos I: 28,1%

Porcentaje de datos G: 18,4%

En el ámbito del «cómo» en la trayectoria del aprendizaje:

- Porcentaje de datos F: 12,3%
- Porcentaje de datos O: 17,2%
- Porcentaje de datos TL: 4,6%
- Porcentaje de datos TM: 1,5%

Ambiente «problema»

Cómputo de valores relativos de los registros frente al total:

En el ámbito de las actitudes:

- Porcentaje de datos M: 100,7%
- Porcentaje de datos A: 7,7%

En el ámbito del conocimiento:

- Porcentaje de datos S: 29,9%
- Porcentaje de datos D: 22,9%
- Porcentaje de datos CC: 20,9%

En el ámbito de los recursos instruccionales utilizados:

- Porcentaje de datos I: 32,35%
- Porcentaje de datos G: 20,9%

En el ámbito del «cómo» en la trayectoria del aprendizaje:

- Porcentaje de datos F: 17,8%
- Porcentaje de datos O: 28,5%
- Porcentaje de datos TL: 4,0%
- Porcentaje de datos TM: 1,7%
- Porcentaje de datos P: 2,0%

Cómputo de asociaciones:

Ambiente «patrón»:

- Asociación M-S: n° de casos: 88; porcentaje 25,5%
- Asociación I o G con F-S, F-D o F-C: n° de casos: 4; porcentaje 1,1%

Ambiente «problema»:

- Asociación M-S: n° de casos: 126; porcentaje: 28,9%
- Asociación CC con S o D: n° de casos: 59; porcentaje: 13,2%
- Asociación CC con I o G: n° de casos: 45; porcentaje: 10,1%
- Asociación CC con O: n° de casos: 27; porcentaje: 6,0%
- Asociación CC con F: n° de casos 10; porcentaje: 2,2%
- Asociación I o G con F-S, F-D o F-CC: n° de casos 9; porcentaje: 1,9%

4.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS (2ª fase y comienzo de la 3ª: el descubrimiento de los fenómenos)

Los procesos de teorización y procesos analíticos expuestos constituyen los instrumentos conceptuales para elaborar el análisis.

4.3.1. Introducción

El análisis de datos debe comenzar con una revisión del fin original del estudio, hay que retomar las cuestiones iniciales o dejarlas (por buenas razones que deben explicarse), o detallar las modificaciones introducidas.

En este caso, la investigación se origina con el fin de dar respuesta a ciertas cuestiones sobre técnicas educacionales, respuesta que en principio se plantea en medida de capacitación, derivando luego en la búsqueda de parámetros que en lo más descriptivo, aunque también cuantificable, tratan de esclarecer que posibles inferencias causales tienen un conjunto de parámetros (variables que se arbitran en la epistemología) sobre otros, que representan formas de conocer.

El sistema de categorías pretende reflejar el pensamiento de los alumnos, tratando de separar los significados atribuidos por el investigador frente a los acontecimientos, de los asignados por los participantes a los mismos.

La *segunda fase* implica una tarea de exploración, releer los datos. *Se trata de un proceso análogo a los procedimientos de diagramación de las primeras fases de recogida de datos, pero se diferencia de ellos en sus dos objetivos*: uno es verificar que la investigación sea completa de la información, el otro, poner de nuevo al investigador en contacto con lo ya recorrido, remediando cualquier vacío accidental en la recogida de su documentación antes de que la información se pierda definitivamente. Luego se comienzan a destacar los aspectos más llamativos que luego quizá se revelen importantes. En la toma de notas de esta etapa influyen las metateorías con un papel importante en la formación y los antecedentes del investigador, los marcos teóricos explícitos, si existen, con los que se inició el estudio, y los constructos explicitados por los participantes.

El análisis ahora reproduce las etapas de recogida de datos, las notas tomadas del proceso exploratorio representan las fases iniciales de **organización, abstracción, integración y síntesis**. Las notas se integraron en un primer esbozo o sistema clasificatorio, que empieza buscando regularidades (fenómenos frecuentes). A continuación las pautas y regularidades que se transformaron en categorías, en las que se clasifican los elementos que aparecen posteriormente, se traducen en las apreciaciones que se diversifican en dos ámbitos: el primero con una base preferente en la «cuantía» de los eventos y sus pesos relativos. El segundo pone su interés en aquello que se circunscribe a la observación más «cualitativa» de los mismos, como las secuencias.

La tercera fase es ensamblar grupos de datos articulándolos para conseguir un todo coherente. Tras la consideración o repaso mental o escrito sobre los elementos básicos del fenómeno, el lugar en que se realizó el estudio, cómo se llevó éste a cabo y por qué se emprendió, se consideran los principales acontecimientos y cuestiones descubiertos en el curso de la investigación. Así, se **averigua qué aspectos** van unidos, bien porque el investigador lo piensa o porque los participantes lo afirman. El proceso comprende el ir separando, encajando, comparando y contrastando lo que constituye el centro del **análisis**.

En este momento pueden utilizarse las estrategias analíticas señaladas anteriormente, hasta que surjan las pautas que se están buscando: los resultados.

Las técnicas se diversifican:

Protocolos observacionales estandarizados

Estrategia de análisis de datos observacionales que está formada por una combinación de técnicas de recogida y análisis de información, requiere que con anterioridad a las fases constructivas del trabajo de campo, *se desarrollen* instrumentos enumerativos con los que se especifiquen con precisión el peso de las unidades de análisis.

En la observación, los fenómenos han sido codificados introduciéndolos en las categorías comportamentales determinadas con anterioridad. Dichas categorías, válidas sólo para datos objetivos, son probadas sobre el terreno para garantizar los niveles suficientes de fiabilidad y validez. *Representan una selección de aspectos muy precisos* del flujo general del comportamiento y los acontecimientos. Los protocolos estandarizados se diferencian de las otras técnicas de análisis comentadas en que más a menudo son deductivas, y están diseñadas de forma explícita para la verificación de hipótesis. Obviamente no son constructivos sino enumerativos.

En consecuencia, la aplicación de un protocolo estandarizado al primer extracto de notas, es decir de algo seleccionado por el observador, puede dar lugar a resultados erróneos, los protocolos requieren el acceso al flujo original.

El proceso de aplicar un protocolo se utilizará ahora a pautas de comportamiento, que ahora se analizan a tiempos y situaciones que se repiten a lo largo del proceso y paralelamente en dos escenarios, y como es el caso en que se ha planeado una estancia prolongada en el campo, es posible su aplicación de forma adecuada. Finalmente, los protocolos se utilizan como estrategias (principales o complementarias) para enumerar las categorías de mayor interés, y permiten describir sutiles diferencias de comportamiento.

Determinación de vínculos y relaciones, pautas emergentes

Los datos proporcionan ahora, mediante procesos interpretativos, respuestas que trascienden del simple registro de hechos, posibles desde los recursos con base en la metáfora y la analogía.

«El descubrimiento de vínculos y la confirmación de relaciones entre constructos, o clases de éstos, supone determinar la secuencia de los fenómenos y efectuar inferencias respecto a su asociación, covariación y causalidad recíproca. Los individuos perciben los fenómenos, los distinguen comparándolos, contrastándolos con sus experiencias pasadas, un conjunto de valores o ciertos atributos predeterminados» (Goetz J., Le Compte M., 1988).

Las preguntas generales son: ¿qué fenómenos son semejantes entre sí?, ¿cuáles van unidos y cuáles no?, pasos previos a la formación de las teorías.

En los estudios controlados, como es el caso, las hipótesis causales se especifican por adelantado, se supone que la introducción de una serie de variables independientes son causa o al menos variables importantes. Aquí se analizan concretamente fenómenos implicados en el binomio enseñanza-aprendizaje, las variables independientes proceden de la expresión particular de un modelo epistemológico o «enfoque» curricular, luego a modo de los etnógrafos, se procede inductivamente para generar enunciados de relaciones capaces de arrojar índices de valoración de las mismas y sus relaciones causales. Al tiempo, y deductivamente, se desarrollan nuevas hipótesis o teorías al comprobar dichos enunciados en el campo.

La agregación de datos según sus semejanzas o diferencias o la creación de categorías taxonómicas, fueron el prerequisite para la determinación de vínculos.

Las técnicas de análisis se concretan ahora, diversificando el perfil de los argumentos de tres maneras: *el 1º bajo las cifras en lo cuantitativo (enumerativo); el 2º destacando lo cualitativo, en el polo de los juicios y conjeturas; el 3º compara muestras de diferente extracción.*

4.3.2. Análisis cuantitativo de los datos y de sus relaciones

En el mismo se enjuicia el valor de las cuantías encontradas, tanto en cuanto puedan representar fenómenos que interesan.

Lo componen tres niveles; cada uno considera conjuntos de datos o relaciones diferentes, y unos subsumen a otros. Los datos son los que se extraen de los dos ambientes por el proceso de enumeración y cuantificación.

1^{er} nivel: *Comparación interambiental.* Muestra el alcance de los fenómenos bajo la contrastación de los vínculos y relaciones de cada ambiente, los que se eligen, como «patrón» y «problema».

2^o nivel. *Entre registros:* Las inferencias metafóricas se establecen entre categorías y subcategorías, revelando asociaciones que según el caso, podrán interpretarse como causales o ligadas por otro tipo de inferencia.

3^{er} nivel. *De cada registro:* Es el que enjuicia el peso o frecuencia de cada evento, en función del total.

Se procede ahora por niveles que a su vez acogen el 2^o y 3^o al 1^o. El análisis se ilustra con ejemplos que suscriben las tipologías que han dado lugar a las cifras. Se eligen sobre el ambiente «problema», por dar mayor fe de los acontecimientos entre los eventos y que más interesan a la investigación.

Análisis de cada registro e interambientes

Ambientes que se instruyen diferentes por desarrollar contenidos con base fundamental en cada uno de los Modelos o Paradigmas, Clásico: «patrón», Actual: «problema», frente a los mismos alumnos.

Categorías M (motivación), A (apatía) y N (oposición). Se eligieron como exponentes de los modos: en el «talante o sintonía frente al aprendizaje». Se consideran las cuantías relativas al total de eventos: para M y A (N de oposición: no se aprecia).

Es de señalar que son estos los datos de un comportamiento «general» del grupo, o del talante mayoritario (que no el de algún participante). A diario se manifiestan de 8 a 10, de los 14 alumnos con asiduidad, sin que sus expresiones se vean interferidas o boicoteadas por los otros. Así se pueden considerar muestra de cierta generalidad.

Analizados ahora los pesos relativos entre M y A, se ve que los tipos que anotan mayor implicación, motivación activa (M), son los más numerosos. (A es muestra de comportamiento apático, silencios, monosílabos).

Los datos son: % de M en el «problema»= 100; % de M en el «patrón»= 87,9.

Estos datos revelan que las cuantías en aquellos registros que representan la implicación más activa por parte de los alumnos, tienen un bagaje de atención sensiblemente mayor en el ambiente «patrón», frente a los datos del mismo perfil en el ámbito del «problema».

Y los de A: % en el «problema»= 7,7; % en el «patrón»= 15,5.

Con bastante seguridad, estos datos son también una muestra de sintonía con la epistemología del currículo.

La primera conclusión que ahora interesadamente se aventura, es que el fenómeno es consecuencia de las características del enfoque, aunque datos más específicos en este

sentido se van apreciando en los análisis que siguen, como el que se establezca con las variables que representan dichas características.

Son ejemplos:

- de M:

Episodios del día 20 de Noviembre (1^{er} día de instrucción en el ambiente «problema»)

La implicación se aprecia en un empeño por describir la situación.

- 42 [MS] A. «Al techo, arriba». ($M_a S_a$)
P. «Pero, ¿aquí?».
- 43 [M][M[I]] A. «Sí». (Señalan bien). ($M_b (I_b)$)
P. «El espacio recorrido es r, y r es igual...».
- 44 [MD[I]] A. «c por t». ($M_a D_b (I_a)$)

Día 21 de Noviembre (2^o día)

Hay animación, se quitan la palabra:

- 1 [M[IGF]] P. «En relación al Primer Postulado, ¿cómo lo expresaríais?».
A. «Que no depende del foco». ($M_a (I_b G_a F_b)$)
P. «No..., todavía no hemos llegado a la luz».
- 2 [M] A. (Risas). (M_c)
P. «Estamos todavía en lo que se denomina Principio...».
- 3 [M][M[IO]] A. «De la Relatividad». ($M_b (I_o)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 21 de Noviembre (2º día)

La participación atañe hasta lo más teórico y analítico:

- P. «...y en S es r, pudiendo escribir $r' = \dots$ ».
- 33 [MD][IGF] A. «c por t». ($M_a D_a (I_b G_b F_b)$)
P. «¿y r?».
- 34 [M][IO] A. «c por t». ($M_b (I_o)$)
P. «¿Pondremos c por t'? ¿Serán iguales los tiempos si c es constante?».
- 35 [M][MS][CC] A. «No, no». ($M_b S_a (CC_c)$)
- 36 [MS] A. « $(ct')^2$ ». ($M_a S_b$)
P. «¿Y para r^2 ?».
- 37 [M][MD][G] A. « $x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2$ ». ($M_b D_b (G_b)$)
P. «Ahora el sustituir x' , y' , etc., por lo que da la transformación al igualar los coeficientes para que dé la otra (en el otro sistema, se obtienen ecuaciones) que al resolver dan los valores de O , w y k . Así se obtiene la Transformación con los valores de O , w y k que llamamos».
- 38 [M][IO] A. «Lorentz». (Se escribe). ($M_c (I_o)$)
P. «Que muestra que para conocer por ejemplo el tiempo en un sistema, tengo además que conocer la posición. Es decir, en ella el tiempo depende extrañamente de la posición. Es decir, en ella el tiempo depende extrañamente de la posición».
P. «Sin embargo, nosotros seguimos utilizando la Transformación de Galileo, ¿por qué?».
- 39 [M][M][G] A. «Porque son velocidades pequeñas». ($M_b (G_a)$)

Día 27 de Noviembre (5º día)

- P. «En ella se considera que la radiación tiene ahora masa... (se dibuja). ¿Qué pasa con el sistema (trozo de caja) cuando la radiación se emite en esta dirección?».
- 15 [MS] A. «Retrocede». ($M_a S_a$)
- 16 [M][F] A. (Otros). «Avanza». ($M_a (F_a)$)
P. «¿Cómo?».
- 17 [M][M][I] A. «Retrocede». ($M_b (I_b)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 27 de Noviembre (5º día)

- P. «Por otro, en función de p, la masa es igual a...».
- 45 [M[I]] A. « p/v ». ($M_a (I_b)$)
- 46 [M[IF]CC] A. « $p \cdot c$ ». (Lo dicen simultáneamente; se refieren a la energía de un fotón). ($M_b (I_a F_b (CC_b))$)
P. «Así la energía es igual a...».
- 47 [MD[CCO]] A. « $p/v \cdot c^2$ ». ($M_a D_b (CC_b O)$)
P. «Vamos (porque conviene) a multiplicar E por diferencial de E». (Se escribe según van dictando algo, pero no se oye; lo tienen delante en los apuntes).
P. « $E = m \cdot c^2$, $m = p/v$; $dE = dp \cdot v$. Se simplifica, queda... E integrando: $\int E dE = \int c^2 p dp$ ».
- 48 [M][MD[G]] A. «Un medio de p^2 por c^2 ...» (dictan varios) «...más constante». ($M_b D_b (G_b)$)

Día 29 de Noviembre (7º día)

- P. «Expresión que desarrollada se escribe... (la de los apuntes). Y fíjense si ahora v es muy pequeña frente a c en estos términos v^4/c^4 ...».
- 17 [MD] A. «Se anula». ($M_a D_b$)
P. « v^6/c^6 son prácticamente...».
- 18 [M][MD[IO]] A. (Varios). «Cero». ($M_b D_b (I_o)$)
P. «Y el primero, v^2/c^2 , ¿se anula?».
- 19 [MS] A. (Varios). «No». ($M_a S_a$)

Día 23 de Noviembre (4º día)

Introducen comentarios en torno al tema:

- 50 [M[CCG]] A. «Es máxima». ($M_a (CC_a G_a)$)
P. «Luego, se puede obtener velocidades mayores que la de la luz».
- 51 [M][M[I]] A. «Una noticia dijo que sí». ($M_b (I_a)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Pero sobre todo se involucran en las aplicaciones.

Día 22 de Noviembre (3^{er} día)

- 14 [M][IF] P. ¿Cuánto vale el tiempo propio?
A. «5,2». ($M_b (I F_b)$)
P. 5 y 5 y 5 y 7.
- 15 [M][MS][CC] A. «Dos segundos». ($M_b S_b (CC_b)$)
P. Y el incremento de t impropio, ¿cuánto será?
- 16 [M][F] A. (Dudan). ($M_b (F_b)$)
P. Claro, no se puede saber; vamos a concretar: ¿puede marcar 5 y 6 segundos?
- 17 [MSO] A. «No» (varios). ($M_a S_b (CC_o)$)
P. Porque eso es que están sincronizados y el tiempo impropio debe ser diferente.
- 18 [M][M][CC] A. «Claro». ($M_b (CC_c)$)
P. ¿Puede ser 5 y 4?
- 19 [MS][GCC] A. «No, porque tiene que ser mayor». ($M_b S_b (GCC_a)$)
P. ¿Y 5 y 10 segundos?
- 20 [MS][F] A. «Sí». ($M_c S_b (F_b)$)
- 21 [M][MD][I] A. «No». ($M_b D_b (I)$)
- 22 [M] A. «Sí». (M_c)
P. Eso que se ve... Y si marca concretamente 5 y 9, ¿cuál es el tiempo (impropio)?
- 23 [MS][GCC] A. «Puede ser 5 y 8». (Está bien, están separados $3 \cdot 10^5$ kms.). ($M_a S_b (G_b CC_a)$)
P. Miden..., o se ve...
- 24 [MS][GCC] A. «No, ve 5 con 9». ($M_a S_a (G_b CC_c)$)
- 25 [M][MD][ICC] A. «Cinco con nueve..., pero lo que ve es 5 con 10». ($M_b D_a (I_b CC_c)$)
A. (Discuten porque, por confusión, he puesto un segundo más de lo que es).
- 26 [MS][IG] A. «Es que es la hora que era». ($M_a S_a (I G_b)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_b) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 29 de Noviembre (7º día)

- P. «Bueno, pues ya está hecho. Así de fácil, ¿no?».
- A. (Comentan).
- 64 [M][MS] A. «¿La velocidad de la luz se va, no?». (Se simplifica). ($M_b S_b$)
 P. «Sí, normalmente se procura que sea así».
 P. «Queda raíz de 1 menos...».
- 65 [MD[F]] A. «¿Cómo sabemos...?». (Se refieren a un dato). ($M_a D_b (F_b)$)
 P. «Esto se lo dan». (Y se señala).
- 66 [MS[C]] A. «Ah, claro». ($M_c S_b (C_a)$)
 P. «La energía en reposo, ya que se conoce su masa (del electrón) y por $1,6 \cdot 10^{-19}$ y por 10^6 y por 1 voltio...».
- 67 [MD] A. «¿Por qué pone por 10^{13} ?». ($M_a D_b$)

Ejemplos de A:

La contestación más parca, acompaña escuetamente el relato tanto en lo conceptual como en lo analítico:

Día 20 de Noviembre (1º día)

- P. «...Un objeto es lanzado por una persona (apuntes) y tendrá una velocidad igual a su velocidad, ¿más la del sistema?».
- 22 [M[F]] A. (Comentan). ($M_c (F_c)$)
 P. «¿Y ven (en el ejemplo) que se cumple el principio de relatividad?».
- 23 [AO] A. «Sí». ($M_o S_o$)
- P. «A ver, ¿sería diferente para la que va de la que viene?».
- 32 [M[F]] A. «No». ($M_a (F_a)$)
 P. «Para la que va sería...».
- 33 [MS] A. «Menor». ($M_a S_a$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 34 [AD[IO]] P. «Y para la que viene...».
 A. «Mayor». ($M_o D_b (I_o)$)
 P. «Luego, el que sean iguales confirma que no depende (de la fuente). Luego hay otra experiencia (en apuntes): el disco solar gira y, ¿sería igual la velocidad de la luz para un lado y otro del disco?».
- 35 [AS[GO]] A. «No». ($M_o S_b (G_o)$)

Día 21 de Noviembre (2º día)

- 40 [MD] P. «Por ejemplo, si v es muy pequeña, este término es...».
 A. «Cero». ($M_a D_a$)
 P. «Y esto se convierte...».
- 41 [AD] A. «En uno». ($M_o D_b$)
 P. «Y uno entre uno es...».
- 42 [AD] A. «Uno». ($M_o D_b$)
 P. «Y se ve que x' se transforma como la de Galileo. Y para el tiempo: si la velocidad es muy pequeña, ¿esto es?».
- 43 [MD][I] A. «Cero». ($M_b D_b (I_b)$)

El repaso o la repetición generan registros de este tipo.

Día 21 de Noviembre (2º día)

- 58 [AD] P. «El primer suceso se produce en...».
 A. « x_1 ». ($M_o D_b$)
 P. «Y sé que se produce por la señal en un tiempo t_1 que medimos como siempre».
- 59 [M] A. (Asienten). (M_c)
 P. «El segundo...».
- 60 [A[OI]] A. «En x_2 ». ($M_o (I_o)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 27 de Noviembre (5º día)

- 1 [M[I]] A. «Tiempo». ($M_b (I_b)$)
 P. «Eso es, un cada vez menor tiempo de vuelo... Tiempo que para 2,8 m de longitud del LINAC se obtiene más o menos $3,3 \cdot 10^{-8}$ (como mínimo)».
 P. (Se recuerda el procedimiento de medir tiempos tan pequeños). «¿Cómo se medía?». (Se señala la figura del osciloscopio).
- 2 [AS] A. (No se oye bien, pero creo que dicen «por la distancia entre los picos»). ($M_o S_b$)
 P. (Y que consiste, o algo así, en...) «Si el aparato que lo registra y que se llama osciloscopio y que reduce a un tubo de televisión barrido por un haz de electrones con velocidades próximas al entorno de 10^{-7} m/s, por ejemplo, y entonces podemos decir que en 1 segundo se barren 10^{-7} m. Cada 10^{-7} de pantalla se representa 10 a la menos..., ¿en segundos?».
- 3 [MS] A. «¿ 10^{-2} ?». (Están pasando a centímetros). ($M_a S_b$)
 P. «No, cada centímetro representaría...».
- 4 [MD[G]] A. « 10^{-7} ». (Se refiere al tiempo; puede no ser correcto en centímetros pero se ve que entienden que cada metro o centímetro representaría el inverso en tiempo). ($M_a D_b (G_b)$)
 P. «Eso sí, así se midió: que los e^- acelerados aumentaban su velocidad, pero hasta un límite».
 P. «Así tenemos (experimentalmente) que ningún objeto material puede alcanzar velocidades mayores que...».
- 5 [AO[GCC]] A. «...que la de la luz». (Se oye mal). ($M_o S_o (G_b CC_b)$)
 P. «Hecho probado en los aceleradores de partículas. Y si ahora queremos mantener los Principios de Conservación, por ejemplo...».
- 6 [M[GTL]] A. «De la energía». ($M_a (G_a TL)$)
 P. «¿Y/o?».
- 7 [AD[GO]] A. «Del momento». ($M_o D_b (G_o)$)
 P. (Vamos a ver qué pasa). «Si el tiempo es relativo, la energía relativa..., pero los principios se mantienen...». «Vamos a conjugar esto. ¿Recuerdan la expresión de la energía? Es igual...».
- 8 [M[PTM]] A. «p». ($M_b (C_d T_m)$)
 P. «¿O diferencial?».
- 9 [AD[OG]] A. «Diferencial». ($M_o D_b (G_o)$) *(2)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 23 [A[IO]] P. «Lo que significa, ¿la cantidad de movimiento y la velocidad (del centro de masas)?».
- A. «Constante». (Parecen cansados en responder). (M_o (I_o))
- P. «En este caso v es cero, como es constante seguirá siendo...».
- 24 [MD[GO]] A. «Cero». (M_a D_a (G_o))
- P. «Luego, ¿el centro de masas va a cambiar (de sitio)?».
- 25 [AS] A. «No». (M_o S_b)

No se registra la postura en oponerse al relato, atender otro asunto o negarse a participar, en toda la fase de instrucción realmente no se registra. Es cierto que algún alumno así no participa pero no impide el desarrollo de la clase. Sólo después de la primera evaluación, quizás porque los primeros resultados son menos satisfactorios de lo que los alumnos esperaban (que luego se van subsanando en la recuperación), se presenta un perfil con menor flujo en las contestaciones (más episodios en A) y algún N (no contestan).

Los ejemplos en el primer caso se instruyen en la revisión de la primera evaluación. Luego, el resto del curso transcurre bajo el perfil que anteriormente se ha descrito.

Interambientes:

Ya se ha destacado la mayor proporción de la categoría M en el ambiente «problema».

Adelantando los juicios y conclusiones de la fase 3^a podemos apuntar que el perfil en la implicación que se observa bajo el modelo que se desarrolla, muestra una participación prolija en registros (M) simple, y de su versión bajo doble registro, lo que sugiere que es activa, o de episodios más dirigidos (A), que también revelan una participación continua; la de quien no se retrae en mostrar sus inquietudes o toma sus decisiones bajo la diversa gama de acontecimientos.

En principio, el dato parece estar de acuerdo con la idea generalizada, aunque no siempre contrastada de que los contenidos más actuales y espectaculares, son inductores a la motivación, pero lo constatado era que no presentaban verdadera significación, no un aprendizaje capaz de dar debate en sus pormenores y profundidad. Así si se producía una espectación era pasajera. Ello contrasta con el hecho de que ahora sí se dan episodios de verdadero interés por el seguimiento comprensivo.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Los alumnos ponen en tela de juicio aquellas hipótesis que sostienen, que el aprendizaje mejor acogido se produce precisamente, por desarrollar las particulares variables que cuidan y enfatizan en lo festivo y espectacular y que son las que aportan la narrativa que induce a debate. Sin embargo, ahora la epistemología basada en el rigor que explica y da consistencia a conceptos y procedimientos, lejos de alejar a los alumnos de la actitud de implicarse, les conduce a ella.

El análisis intercategorial que relaciona los datos obtenidos con las variables I y G, exponentes de la filosofía, aporta más elementos verificativos.

De cada registro e interambientes:

Categorías S y D. Como exponentes de las tipologías que aprecian modos en la consecución o fertilidad del aprendizaje. S: Significativo; D: Destreza simple, memorístico...

S se presenta en el 29,2% de los casos; D en el 32,1% del total en el «patrón».

S se presenta en el 29,9% de los casos; D en el 22,9% del total en el «problema».

Los datos, con aproximadamente el 50% en S o D, en los dos ambientes, sugieren que los asuntos relacionados directamente con la aplicación de recursos cognitivos son los más numerosos en casi todo: pausas, requerimientos, sugerencias..., en realidad se implican en actividades de aprendizaje. (Lo que luego ratifican los de I y G, con un bagaje de alrededor del 20% cada uno).

Emerge así el constructo de que la participación que existe se destina sobre todo a *conocer* y a su aplicación.

La relación entre S y D, entre los dos ambientes, muestra que la categoría S tiene un peso similar en ambos. Aquellos modos en lo cognitivo (S), que se involucran por la relación de los parámetros la justificación y lo analítico, o que son capaces de extraer diferencias y similitudes con el conocimiento elaborado, están igualmente presentes en los dos; (D) se aprecia algo más abundante en el «patrón», quizá como expresión de una mayor soltura en la utilización de los recursos. (D) como muestra de las trayectorias de expresiones de conocimiento en la alusión memorística, la reproducción de pasos, aplicación de «recetas».

Son ejemplos para S en el «problema» y en distintas asociaciones con (I, G, CC, F) los que siguen. Significación que se diversifica en los ejemplos, desde la interpretación de los conceptos a la pormenorización de situaciones o procedimientos.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 21 de Noviembre (2º día)

- P. «¿Y qué significa?».
- 4 [MS[GCCO]] A. «Que no se puede saber cuál es el que se mueve». ($M_a S_b (G_b CC_a)$)
 P. «Eso es, no se puede saber a través de experiencias quién se mueve, porque la aceleración que se mida es...».
- 5 [MS[I]] A. «La misma». ($M_a S_b (I_b)$)

Día 21 de Noviembre (2º día)

- P. «Aunque en su día dichas experiencias no son concluyentes por otros factores. Así, según esto, la luz se porta como...».
- 21 [MS[G]] A. «Una onda». ($M_a S_a (G_b)$)
 P. «Luego, estas experiencias se confirman con otras, porque en éstas el efecto se perdía por el 'efecto de extinción'... Lo tratamos como onda, y según ello incorporaría la velocidad...».
- 22 [MS[OG]] A. «Del medio». ($M_a S_b G_o$) *(4)
 P. «La aberración, ¿qué indica? Que el medio, éter, ¿es arrastrado?».
- 23 [M[I]] A. «Que no». ($M_a (I_a)$)
 P. «Entonces en la experiencia de Michelson para el rayo que es lineal con el movimiento de la Tierra en la ida y la vuelta $v = \dots$ (se señala el dibujo)».
- 24 [MS[I]] A. «v más c». ($M_a S_b (I_a)$)
 P. «Y en contra».
- 25 [M][MD[OI]] A. «v menos c». ($M_b D_o (I_o)$)
 P. «Bueno, c menos v. ¿Y para el que es perpendicular..., su resultante?».
- 26 [MS[G]] A. « c^2 más v^2 ». ($M_a S_b (G_b)$)
 P. «En ambos casos los espacios (brazos), siendo iguales, los tiempos deberían haber sido...».
- 27 [MS[G]] A. «Diferentes». ($M_a S_a (G_b)$)
 P. «¿Qué pasó?».
- 28 [MS[CC]] A. «Que fueron iguales». ($M_a S_b (CC_a)$)
 P. «Pasaba que la velocidad de la luz permanecía constante, no incorporaba...».

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 29 [MS[GO]] A. «La velocidad del medio». ($M_a S_a (G_b CC_o)$)
 P. «Así no variaba ni con el foco ni con el medio, y como además -como siempre- puedo pensar que estoy en reposo (Primer Postulado), su medida siempre es...».
- 30 [M[GCC]] A. «Constante». ($M_a (G_a CC_a)$)

Día 21 de Noviembre (2º día)

- P. «Si marca las 5:05, ¿son las 5:05?».
- 53 [M][MS[IO]] A. «No, no es...». ($M_b S_b (I_b O)$)
 P. «Tengo que restar».
- 54 [MS[GO]] A. «El tiempo que tarda». ($M_a S_a (G_o)$)

Día 21 de Noviembre (2º día)

- P. «Eso es, el incremento de t es mayor que el incremento de t'».
- P. «En S' significa que hay un solo reloj».
- 77 [MS[FG]] A. «Pero se miden varios tiempos». ($M_a S_a (F_b G_a)$)
 P. «Sí, pero en el mismo reloj». (se señala).
- 78 [MO] A. «Ah, sí». ($M_a S_o$)

Día 28 de Noviembre (6º día)

- P. «Relación importante que entra en juego en la resolución de problemas y entre sistemas».
- 37 [MS[FCC]] A. «¿Cómo se distingue la masa en movimiento de la del..., esa misma en el sistema en reposo?». ($M_a S_a (F_b CC_a)$)
- 38 [MD[I]] A. «En la relación entre masa en movimiento y la del sistema...». ($M_a D_b (I_a)$)
 P. «Es un concepto relativo». (Dibujo: dos sistemas S y S' y en S' está situada la masa m'). «Esta es una masa que en uno es la masa m' en su sistema ».
- 39 [M] A. (Silencio; comentan, rien). (M_o)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 40 [MS[F]] A. «¿Para quién?». ($M_a S_b (F_b)$) *(12)
 P. (Además, he dibujado con M la masa del sistema S). «Sí, ese es el problema para mí (que soy S')».
- 41 [MS[I]] A. «m'». ($M_a S_b (I_a)$) *(13)
 P. «Eso es..., y la llamamos m_0 ».
 P. «¿Y para S?».
- 42 [MS[CC]] A. «m». ($M_a S_b (CC_b)$)

En cuanto a ejemplos de categorización en D:

Señalando lo que está a la vista, resolviendo analíticamente...

Día 23 de Noviembre (4º día)

- P. «Vamos ahora a dividir l/l' (simplificando), y teniendo en cuenta que el tiempo impropio es igual».
- 21 [MD[O]] A. «Propio». ($M_a D_a (CC_o)$)
 P. «Partido por...».
- 22 [MD] A. «Raíz de uno menos...». ($M_c D_b$)
 P. «Sustituyendo, l: l' por...» (En confusión, hay que dividir).
- 23 [MS[I]] A. «Raíz de uno menos...». (Dudan). ($M_b S_b (I_b)$) *(3)
 P. «Luego la l que mido fuera es igual a la de mi sistema dividido... Así l es...».
- 24[M][MDO[CC]] A. «Menor». ($M_b D_o (CC_b)$)
- 25 [MD] A. (Ratifican). ($M_a D_b$)
 P. (Se rectifica la raya del quebrado). «Bueno, da lo escrito». (Es decir, $l < l'$ (contracción de Fitzgerald-Lorentz). (Mientras en el encerado se prepara el tema siguiente: Adición de velocidades, comprueban la expresión en el libro sobre la transformación de longitudes que acabamos de ver).

Día 21 de Noviembre (2º día)

P. «¿t' transcurre igual en sistemas con movimiento relativo?».

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 63 [MDO[I]] A. «No». ($M_a D_o (I_b)$)
P. «Es de lo que estamos hablando...».
- 64 [M] A. (Comentan, ríen). (M_b)
P. «Están (los tiempos) relacionados por...».
- 65 [MD] A. «La ecuación». (Señalan). ($M_a D_a$)
- 74 [MD] A. «Menor que uno». ($M_a D_b$)
P. «¿Y $1-v^2/c^2$?».
- 75 [MD[IO]] A. «Menor que uno». ($M_a D_b (I_o)$)
P. «Algo dividido por algo menor que uno es...».
- 76 [M][MD] A. «...Es mayor». ($M_b D_b$)

Día 29 de Noviembre (7º día)

- P. «Lo cual es importante porque de lo que (como datos) normalmente disponemos es de esa energía comunicada y de la masa en reposo. ¿Y sobre la forma de relacionarla con la velocidad, recuerdan cuál era la fórmula en Física Clásica?».
- 11 [MD[G]] A. « $E= 1/2 \cdot m \cdot c^2$ ». ($M_a D_b (G_a)$)
P. «Pero ahora utilizamos la que..., en función de m escribimos».
- 12 [MD[GCC]] A. « $m \cdot c^2 - m_0 \cdot c^2$ ». ($M_a D_b (G_a CC_a)$) *(17)
P. «Y así con m con el valor de...».
- 13 [M[I]] A. «...Está también ahí». (M (I_b))
- 14 [MD[I]] A. (Señalan m_0 partido por raíz cuadrada de $1-v^2/c^2$). ($M_a D_a (I_b)$)

(S) como exponente de aprendizaje que se revela «significativo», se aprecia tiene una aparición dinámica y versátil, acompañando una gran variedad de acontecimientos, y de forma continua, desde la diversidad de tratar lo más conceptual, pasando por los procedimientos llegando a la aplicación resolutoria; sin obviar los conflictos, expresión de las dudas, ni debatir.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Interambientes:

Las muestras en los dos ambientes arrojan datos muy similares tanto para S como para D. (Que sea superior para S en el problema está de acuerdo con que la implicación también se aprecia mayor, y que S tenga sensiblemente mayor peso que D parece mostrar que más que resolver se interesan por debatir).

Datos que parecen ratificar que los logros cognitivos en el ambiente problema, ahora, y contrariamente a lo que se venía produciendo, alcanzan un perfil de fertilidad que es similar, si no mayor, al tenido por «satisfactorio» el de los bloques del «patrón».

Luego, el asunto a indagar es si existe realmente una relación causal con las variables del enfoque. (Análisis de asociaciones).

Análisis interambientes y entre categorías

LA ASOCIACION S-M

En primer lugar, se evidencia el peso en cada ambiente para esta asociación intercategorial, que implica máxima fertilidad: S-M, y que frente al total es:

- Ambiente patrón: 25,5%.
- Ambiente problema: 28,9%.

Asociación que no es sólo similar «interambientes», sino algo superior en el «problema».

Aunque, ya a la vista de los anteriores datos, se podía prever una asociación frecuente de estas categorías, los datos constatan y aprecian ese mayor peso en el ambiente problema (y aventurando conclusiones, por el posible dominio, y consecuentemente mayor implicación que el tema suscita).

Son ejemplos:

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 20 de Noviembre (1^{er} día)

- 46 [MS[I]] A. «c más v». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Pero ahora c...».
- 47 [MS[CCTL]] A. «Es la misma». ($M_a S_a (CC_a T)$)
P. «Y t sería igual a t'...».
- 48 [MS[O]] A. «No». ($M_a S_b (CC_o)$)

Día 23 de Noviembre (4^o día)

- P. «¿Cómo mediré entonces?: Cuando pasa delante del reloj (de S')... el extremo A son (por ejemplo las 5), y cuando pasa el extremo B, ¿qué tiempo medirá el reloj?».
- 5 [MS[G]] A. «Pues, las cinco más lo que dé la longitud de la barra». ($M_a S_a (G_b)$)
- 17 [MS[I]] A. «No entiendo por qué (se refiere al reloj de S'), sí puede marcar 5,5». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Bueno, es que marca los del otro caso que era 5,5».
- 18 [MD] A. «Claro». ($M_a D_a$)

Día 28 de Noviembre (6^o día)

- 1 [MD] A. (Dictan varios). «Incremento de t es igual a incremento de t' partido raíz cuadrada de 1 menos v^2/c^2 ». ($M_c D_b$)
P. «Relación válida cuando incremento de x' era...».
- 2 [MS[IO]] A. (Murmullo, pero casi no se oye). «¿Igual o cero?». ($M_b S_b (I_o)$)
P. «En donde..., ¿cómo se llama incremento de t?».
- 3 [A[I]] A. «Propio». ($M_o (I_b)$)
P. «El que mide el único reloj».
- 4 [M[F]] A. «No». ($M_b F$)
- 5 [MD[CCO]] A. «Sí». ($M_c D_b (CC_o)$)
P. «Incremento de t' es el único reloj, e incremento de t...».

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 6 [MS[IO]] A. «Impropio». ($M_b S_b (I_o)$)
P. «Y es lo que mide frente a...».
- 7 [M[MS][CC]] A. «Lo que pasa». ($M_b S_b (CC_a)$)
P. «El único reloj».
- P. «Y todo...».
- 61 [MD[G]] A. «multiplicado por c^2 ». ($M_b D_b (G_b)$)
P. «Conozco K, que es la energía, y no hay más que hacer esta operación (para despejar v)».
- 62 [M][MS] A. (Se ríen y exclaman porque nos les parece tan fácil despejar). ($M_b S_b$)
P. «Así». (Les indico que empiecen a despejar).
- 63 [MD[CC]] A. « $1+K$ dividido por m_0 partido c^2 es igual a raíz de $1+v^2$ partido por c^2 ». ($M_a D_b (CC_b)$)
P. «Luego se eleva al cuadrado, se pasa esta allí..., y se obtiene el v^2 igual a...».
- 64 [MD] A. (Dictan, se integra alguno más). ($M_c D_b$)

Día 29 de Noviembre

- 40 [MS[CC]] A. «Es decir, depende de la elección». ($M_a S_b (CC_a)$)
P. «Un filamento frío o incandescente, ¿tendrán la misma masa respecto a nosotros?».
- 41 [MS] A. «No». ($M_b S_b$)
- 42 [M][MO] A. «Distinta». ($M_b S_o$)
P. «¿Tiene el incandescente más masa?».
- 43 [MS[CCO]] A. «Sí». ($M_b S_b (CCO_a)$)

Esta asociación (M) con (S), a la vista de los ejemplos, es la de quien se arriesga mostrando las ideas aún las de confusión de forma hilvanada (I y F son sus exponentes): identificando propiedades atendiendo sugerencias (O) o calificando términos (G) que conciernen a los nuevos constructos. Significación que se muestra en el detalle (I), concluyen (CC), dudan (F)..., todos ellos ejercicios de expresión de aprendizaje en el que

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

aflora significación (S), ahora también en torno a los nuevos conceptos (CC) de este ambiente.

Análisis inter-categorías-subcategorías

LA INFERENCIA DE LAS VARIABLES DEL ENFOQUE:

Los datos:

- I está presente en el problema en el 32,4% de los casos; en el patrón en el 28,1%.
- G está presente en el problema 20,89%; en el patrón en el 18,33%.

Lo primero que los datos revelan, es que su presencia es continua y abundante en los procesos donde las cuantías categorizadas S, D y M están muy presentes, y un *similar comportamiento en los dos ambientes*.

El fenómeno que se perfila es esa posible relación entre las variables de la epistemología y aprendizaje.

Epistemología que de hecho se puede asimilar a la que *inconscientemente* (y no siempre bien estructurada) está en los ambientes «patrón»: una pedagogía que posee cierta planificación, es decir, posee la variable (G), que señala y actúa por unos objetivos concretos, o basa sus actuaciones en los recursos disponibles, manteniendo la conexión entre significantes (I), (los temas «clásicos» están llenos de demostraciones), ahora la misma utilizada conscientemente es exponente de fertilidad (significación, destreza e implicación) en los contenidos en el nuevo Paradigma. Surge el constructo que, quizá lo que se necesita, pueda ser el trabajo de adaptación similar al que para el Modelo Clásico ya se hizo. Que ahora ha de entenderse a toda la Física incluyendo al mismo. Y por ello el devenir entre ambientes es parecido cuando las variables pedagógicas coinciden.

Actuaciones que así van de lo general a lo particular (G), y justifican o verifican cada paso (I); modos I y G, que ahora caracterizan la pedagogía en el «problema» son frecuentes en sintonía con la idea de que en el Nuevo son imprescindibles los procedimientos más generales del Método que la Física utiliza.

Por ser S y M muy frecuentes, está de más contabilizar que S-I, S-G o M-I o M-G son también frecuentes.

Son ejemplos de I y G, y su conjunción o covarianza:

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M.) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 23 de Noviembre (4º día)

- 1 [M[I]] A. «La posición de las agujas». ($M_a I_a$)
 P. «Ahora aplicamos un proceso (un procedimiento) de medida». (Se dibuja una barra, de la que se va a medir su longitud, en S).
 P. «Y pasa S' por delante, ¿por qué en S' será el tiempo propio?».
- 2 [MS[ICC]] A. «Es un único reloj». ($M_a S_a (I_a CC_a)$) *(8)
 P. «¿Podemos afirmar que éste se mueve? (Señalo S)».
- 3 [M][M[GO]] A. «No». (Comentan, hablan). ($M_b (G_o)$) *(9)
- 4 [M[GCC]] A. «...que S' es el que se desplaza». ($M_a (G_a CC_b)$) *(9)
- 55 [MS[I]] A. «...Aumentando». ($M_a S_b (I_a)$)
 P. «Estamos acelerando..., v aumenta..., el tiempo (en atravesar) cada vez es...».
- 56 [MS[G]] A. «Menor». ($M_a S_b (G_b)$)
 P. «Pero si la velocidad se aproxima a la de la luz, el tiempo de vuelo en vez de disminuir queda...».
- 57 [M[IO]] A. «Igual». ($M_a (I_o)$)
- 58 [M][M[IF]] A. «¿Cómo puede ser eso?». ($M_b (F I_a)$)

Se aprecia el interés en pormenorizar casi lo superfluo (I), y la actitud metodológica por «deducir» desde lo experimental (G).

Día 28 de Noviembre (6º día)

- 11 [MS[CCG]] A. (Hablan entre ellos, silencio...). «Que es máxima. La velocidad de la luz...». (Hablan varios...). ($M_b S_b (CC_c G_b)$)
 P. (El ejemplo de que sean c y c). «En la adición clásica, ¿qué da?».
- 12 [MD[IO]] A. «2c». ($M_b D_b (I_o)$)
 P. «Pero ahora...».
- 13 [MD[I]] A. « $c+c/1-c^2/c^2...$ ». (Se va resolviendo). ($M_b D_b (I_b)$)
 P. «Es igual a...».

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 14 [MS[GCCO]] A. «A c». ($M_a S_a (CC_b G_b O)$)
 P. «¿Algún ejemplo o experiencia que lo confirma?».
- 15 [MS[I]] A. «...Que la velocidad de los electrones... no aumenta». ($M_a S_b (I_a)$)

Se sigue en mostrar la importancia que se da a los recursos del Método ahora en el estudio de casos: (G), y la voluntad en mencionar cada detalle: (I).

Día 29 de Noviembre (7º día)

- P. (Se dibujan sistemas S y S' y la masa en S' es la masa medida desde el sistema S).
 P. «¿Podemos decir cuál se mueve?». (Se van dibujando los sistemas).
- 1 [M[G]] A. «No». ($M_a (G_a)$)
 P. «Un movimiento relativo».
- 2 [MS[I]] A. «v». ($M_b S_c (I_b)$)
 P. «Para el sistema S' tenemos una masa que es la que llamábamos...».
- 3 [M[GI]] A. «m 0». ($M_a (G_b I_b)$)
 P. «Bueno, quiere decir m_0 , ¿no?».
- 4 [MO] A. (Asienten). (M_c)
 P. «Sin embargo, el sistema S mide para ese objeto una masa...».
- 5 [MS[GCC]] A. «m». ($M_a S_b (G CC_a)$)
 P. «Este (señalo en el encerado) sistema mide m_0 y éste m. Así que la energía que S' mide para m_0 ...».
- 6 [M][MS[GCC]] A. « m_0 por c al...». ($M_b S_b (G_b CC_b)$)
 P. «Ahora, llegamos a la relación relativa entre m y m_0 . Era...».
- 7 MD[I] A. «m igual a m_0 partido por raíz de l menos v^2 partido por c^2 ». ($M_a D_a (I_b)$)

La idea (que es el objetivo de esta investigación), de que un único Paradigma está presente en la conceptualización de cada parámetro para identificar y resolver... se aprecia presente a través de (G):

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_0) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 29 de Noviembre (7º día)

- 18 [M][MD[IO]] P. « v^6/c^6 son prácticamente...».
 A. (Varios). «Cero». ($M_b D_b (I_o)$)
 P. «Y el primero, v^2/c^2 , ¿se anula?».
- 19 [MS] A. (Varios). «No». ($M_b S_a$)
 P. «Se ve que v^2 y c^2 se anulan, y esto fíjense qué forma tiene».
- 20 [M[ICC]] A. « $1/2 \cdot m_0 \cdot v^2$ ». ($M_a (I_a CC_c)$)
 P. «Se dan cuenta que ésta es la expresión e la energía cinética clásica, ¿no?».
- 21 [MS[G]] A. «Es lo mismo». ($M_a S_b (G_a)$)

Y se va de lo general a lo particular (G), verificando cada paso (I).

Finalmente, los ejemplos siguientes acentúan esas muestras del comportamiento que tiene presente los pormenores del Modelo, y se para en los detalles:

Día 20 de Noviembre (1º día)

- 2 [MG] P. «¿Recuerdan cuál era el objetivo de la Física?».
 A. «La ecuación del movimiento». ($M_a (G_a)$)
 P. «Lo que representa... concretamente conocer...».
- 3 [MS[I]] A. «La situación...». ($M_a S_b (I_b)$)
- 4 [MD[G]] A. «Respecto del tiempo». ($M_a (G_b D_a)$)
 P. «¿En relación a...?».
- 5 [MS[I]] A. «Posición en el espacio». ($M_a S_b (I_b)$)

Día 20 de Noviembre (1º día)

- 9 [M[OIG]] P. «Lo que es una transformación de coordenadas, y... ¿cuál era la clásica?, la que se utiliza...».
 A. «La de Galileo». ($M_b (I_o G_b)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 10 [MS[I]] P. «La cual daba una adición de velocidades... v'».
A. « $v + v_{SR}$ ». ($M_b S_b (I_b)$)

Día 23 de Noviembre (4º día)

- 39 [M[GCC]] P. «Subrayar la adición, ¿qué consecuencias tiene para velocidades pequeñas?».
A. «Que da igual... que la de adición». ($M_a (CC_a) G_a$)
P. «¿De Galileo?».
- 40 [M[F]] A. (Asienten, pero dudan). ($M_c (F_b)$)

Día 27 de Noviembre (5º día)

- 12[M][MD[ICTL]] P. «¿Qué es dx/dt ?».
A. « v ». ($M_b D_b (I_b C_b T_l)$)
P. «Se ha englobado en p el producto...».
- 13 [MD[GO]] A. «Masa y v ». ($M_a D_a (G_o)$)
P. «Si es la luz (señalo la otra velocidad, la que surge de dx/dt), es...».
- 14 [MS[IO]] A. « c ». ($M_a S_a (I_b CC_o)$)

Día 28 de Noviembre (6º día)

- 22 [MD[ICTL]] A. «Por diferencial de x ». (Se oye mal). ($M_a D_a (I_b C_a TL)$ *(2)
P. «Eso es». (Y ahora debo reagrupar términos).
P. «Es decir, integral de...».
- 23 [MS[G]] A. «Diferencial de $p \cdot v$ ». (Varios). ($M_a S_b (G_b)$)
P. «Lo que, cuando es la luz...».
- 24 [MS[CCG]] A. « $p \cdot c$ ». (Muchos). ($M_a S_a (CC_b G_a)$ *(2)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 29 de Noviembre (7º día)

- 10 [M[ICC]] A. « $m-m_0 \cdot c^2$ ». ($M_a (I_a CC_a)$)
 P. «Lo cual es importante porque de lo que (como datos) normalmente disponemos es de esa energía comunicada y de la masa en reposo. ¿Y sobre la forma de relacionarla con la velocidad, recuerdan cuál era la fórmula en Física Clásica?».
- 11 [MD[G]] A. « $E= 1/2 \cdot m \cdot c^2$ ». ($M_a D_b (G_a)$)
 P. «Pero ahora utilizamos la que..., en función de m escribimos».
- 12 [M[GCC]] A. « $m \cdot c^2 - m_0 \cdot c^2$ ». ($M_a (G_a) CC_a$)
- 13 [M[I]] P. «Y así con m con el valor de...». ($M (I_b)$)
- 14 [MD[I]] A. «Está también ahí». (Señalan m_0 partido por raíz cuadrada de $1-v^2/c^2$). ($M_b D_a (I_b)$)
- 30 [MD[GCC]] A. «Es cero». (Ríen y comentan sobre la velocidad que en lo cotidiano habría que alcanzar para que fuese relevante). ($M_b D_a (G_b CC_b)$)
 P. «Por ejemplo, son necesarios estos términos a considerar en los aceleradores de partículas, ciclotrón, etc.».
 A. (Comentan).
 P. «Otras cosas... ¿Cómo será ahora la cantidad de movimiento asignada a un sistema en movimiento?». (Está en el libro).
- 31 [M[I]] A. « $m \cdot v$ ». ($M_a (I_a)$)
 P. «Y entonces...».
- 32 [MD[GCC]] A. « m_0 partido por raíz de 1 menos v^2/c^2 y por v». ($M_a D_b (G_b CC_c)$)

LAS VARIABLES DE LA TRAYECTORIA (F): conflicto y (O): inducción

La cuestión es: ¿cómo se interioriza el aprendizaje? ¿Los procesos en la acomodación de esquemas y conceptos se presentan lineales o tortuosos?, ¿son las asociaciones fruto de un proceso real, o están siendo inducidas?

En la valoración de los aspectos señalados, entran las subcategorías que se arbitraron, (F) y (O). La revisión de los datos arroja:

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_0) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

En relación a la primera, F (muestra de conflicto), se obtiene:

Interambientes: frecuencias sobre el total de eventos:

- 12,3% en el ambiente patrón.
- 17,8% en el ambiente problema.

Además estos datos se obtiene de la asociación de F con M, S, D, CC...; F como silencio, error sin sentido o falta de interés (lo que se revelaría de producirse sola, o en asociación con N o A que son casi inexistentes).

Las trayectorias cognitivas en ambos ambientes son parecidas en el perfil descrito, aunque un mayor número de hechos con expresión de conflictos se da en el «problema», resultado quizás acorde con la novedad de los asuntos tratados. Ahora: ¿qué dicen estos datos del «cómo» del proceso?

La presencia de F asociada a los tipos mencionados, es muestra de problema, pero que el mismo no se rechaza; representa implicación incluso cuando el proceso no es lineal.

La principal conclusión que se deriva, es la de que ante la realidad de enfrentarse con asuntos problemáticos, la actitud asume los trabajos requeridos: identificación, análisis, comparación..., es decir, el esfuerzo. Ciertamente la asociación M-F, o F-S, F-D, etc., es muestra de que no se escatima esfuerzo por llegar a la verdad, se aventura si no puede ser el particular enfoque, el que causa la actitud; F (conflicto, error...) no se produce apenas en solitario, lo que sería, como se ha dicho, simple muestra de «no saber», sino en conjunción con los demás tipos, lo que expresa actividades en la construcción de conocimiento, es decir una implicación inquisitiva.

La hipótesis que se aventura es si la particular pedagogía es la que sensibiliza a participar, y el bagaje de herramientas la causa de debate. Los alumnos muestran comportamientos donde se conjugarán abundantemente, y así lo muestran las secuencias de los acontecimientos, las categorías F y M, S, D, CC, exponente de implicación, a la vez que I y G, que representan las herramientas.

También se da la asociación de I o G con F-S, F-D o FCC, 4 veces en el patrón y 9 en el problema.

Son ejemplos de la subcategoría F:

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M.) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 21 de Noviembre (2º día)

- 9 [M[FGO]] P. «Pero podemos expresarlo de otra forma, ¿podemos medir respecto al vacío?».
A. (Silencio). (Dudan). «No» ($M_a (F_b G_o)$)
P. «Está claro: no; porque sería saber quién se mueve. Si no que sólo podemos determinar respecto a otro».
- 10 [F] A. (No se oye bien). (F_c)
P. «¿Objeto?».
- 11 [M[GO]] A. «Sí». ($M_b S_o (G_o)$)

Día 21 de Noviembre (2º día)

- 85 [M[IFP]] A. «Porque tengo que restar el tiempo... del espacio». ($M_a (I_b F_a P)$)
- 86 [M[F]] A. (Comentan, dudan). ($M F_c$)
P. «No, no es eso, eso no cambia la hora. Repito: voy y vengo, ¿he sincronizado?».
- 87 [M][M[IO]] A. «No». ($M_b (I_o)$)
A. «No».
P. «¿Qué pasa...? Me alejo».
- 88 [M[F]] A. (Hablan, discuten). ($M_b (F_b)$)
P. «Me muevo..., ¿qué le pasa a mi reloj?».
- 89 [MS[CC]] A. «Retrasa». ($M_a S_b (CC_a)$)
- 90 [M][MD[CC]] A. «Más pequeño». ($M_b D_b (CC_c)$)

Día 23 de Noviembre (4º día)

- 9 [MS[F]] A. (Dudan). «5,5». ($M_a S_b (F_b)$)
P. «¿Puede marcar 5,6?».
- 10 [MS] A. «Sí». ($M_a S_b$)
P. «¿Porque es propio o impropio?».

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 11 [MF[I]] A. «Propio». ($M_b (F_b I_a)$)
 12 [M[CC]] A. «Impropio». ($M_a (CC_a)$)

Día 29 de Noviembre (7º día)

- P. «Y diferentes, dándose que el propio era menos que el impropio». (Y ahora, sobre los datos en el encerado del problema del libro, que da la potencia gastada en un año y pide la masa equivalente).
- 37 [MD[F]] A. (Discuten sobre el exponente, si el exponente está expresado correctamente). ($M_b D_b (F_b)$)
 P. «Definitivamente...». (Se hacen operaciones). « $1 \text{ día}^2 = 3600 \cdot 360 \dots$ La energía será $500/10^6 \cdot 360 \dots$ En julios...»
 P. «Bueno, cómo se calcula la masa».
- 38 [MD[GCC]] A. «m será igual a esa energía partido por c^2 ». ($M_a D_a (G_a CC_a)$)
 P. «Incremento de m mejor».
- 39[MS[FGCCTM]] A. «¿No sería m_0 partido por raíz...?». ($M_a S_a (G_b F_a CC_a T_m)$)
 P. «No, porque no está en juego el movimiento».

Finalmente lo que se aprecia es una instrucción que no obvia las dificultades, que en este campo son muchas: resistencia de las ideas previas, falta de verosimilitud «a priori» de los nuevos conceptos, el poco sentido de las palabras, que debe desvelarse, etc. Contrariamente a la idea de que la implicación es más bien consecuente con un camino fácil.

En relación a la segunda, (O): Inducción o ayuda:

Es una subcategoría que además de mostrar el carácter de la enseñanza, perfila el alcance de los modos en función de la intervención del profesor-investigador. Así, por un lado, actúa como filtro *que invalida situaciones*, anulando los casos en los que «parece darse un fenómeno», pero no realmente, por lo inducido del mismo; matizando así el verdadero alcance. Por otro además, como subcategoría, es muestra de una clase de fenómeno: el que *representa al peso en la ayuda*: la intervención externa en el curso del aprendizaje; su cuantía así dice también del «cómo» del aprendizaje.

Entre ambientes se obtiene para (O):

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_b) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 17,2% en el patrón.
- 28,5% en el problema.

Su presencia más abundante en los bloques problema es consecuente con el hecho de que necesitan, por su bagaje de contenidos, una mayor calificación y explicación de los conceptos que los haga consistentes. De acuerdo con esta idea, también (O) es más frecuente al comienzo de los bloques temáticos, lo que luego se verá en el análisis secuencial.

Al igual que (F), se destaca que la lectura del significado de la aparición de (O) es diferente de la que sería de haberse producido en solitario, lo que implicaría un itinerario de aprendizaje desde la declaración, o conductista; pero como es el caso, al aparecer conjugada con S, D, M, F o CC, es muestra de aprendizaje que se implica, o fértil, aunque necesite ayudas. La acomodación y los ajustes se muestran además en asociación con I y G.

Son ejemplos de registros en O:

Día 20 de Noviembre (1^{er} día)

- | | | |
|----|----------|---------------------------------------------------------------|
| | | P. «A ver, ¿sería diferente para la que va de la que viene?». |
| 32 | [M[F]] | A. «No». (M _a (F _a)) |
| | | P. «Para la que va sería...». |
| 33 | [MS] | A. «Menor». (M _a S _a) |
| | | P. «Y para la que viene...». |
| 34 | [AD[IO]] | A. «Mayor». (M _o D _b (I _o)) |

Día 21 de Noviembre (2^o día)

- | | | |
|---|-------------|--------------------------------------------------------------------|
| | | P. «¿Y las velocidades?». |
| 6 | [M[F]] | A. «Igual». (M _a (F _a)) |
| 7 | [M][MS[IO]] | A. «Diferentes». (M _b S _b (I _o)) |
| | | P. «Y aunque diferentes, ¿nos permite saber quién se mueve?». |
| 8 | [MS[CCOG]] | A. «No». (M _a S _a (CC _o)) |

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 27 de Noviembre (6º día)

- P. «...Principios de Conservación, por ejemplo...».
- [M[GTL]] A. «De la energía». ($M_a (G_a T_l)$)
 P. «¿Y/o?».
- [AD[GO]] A. «Del momento». ($M_o D_b (G_o)$)

Día 27 de Noviembre (6º día)

- P. (No se entiende).
- 20 [M[GI]] A. «Porque no hay fuerzas». ($M_a (G_a I_a)$)
 P. «Eso es; pero externas».
- 21 [A[IO]] A. (Asienten). ($M_d (I_o)$)
 P. «La aceleración del centro de masas es (si no hay fuerzas)...».
- 22 [M][M[ICO]] A. «Cero». ($M_b (I_o C_b)$)
 P. «Lo que significa, ¿la cantidad de movimiento y la velocidad (del centro de masas)?».
- 23 [A[IO]] A. «Constante». (Parecen cansados de responder). ($M_o (I_o)$)
 P. «En este caso v es cero, como es constante seguirá siendo...».
- 24 [MD[GO]] A. «Cero». ($M_a D_a (G_o)$)

Día 28 de Noviembre (7º día)

- 48 [AS[IO]] A. «Sí». ($M_o S_b (I_o)$)
 P. «Así, $2m_o = m_o$ partido raíz cuadrada de $1-v^2/c^2$ ».
- 49 [MD[OI]] A. «Sí». ($M_c D (I_o)$)
 P. «Simplificando, $4 = 1/1-v^2/c^2$ y...».
- 50 [M] A. (Asienten). (M_a)
 P. «Despejando...».
- 51 [MS[F]] A. «¿Por qué 4?». ($M_a S_b (F_b)$)
 P. «Se quita la raíz y se eleva al cuadrado, y para...».
- 52 [MDO] A. (Dictan el resultado). ($M_a D_o$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

SUBCATEGORIA: CONSECUCION DE CAMBIOS CONCEPTUALES

La subcategoría Cambio conceptual (CC) es el exponente de ciertos logros o constructos que interesa controlar. Sin embargo antes de analizarla, es necesario recordar que las pautas que guían su tipificación no tienen la misma concepción en los contenidos patrón (clásicos) que en los problemas (Física moderna).

En el Paradigma clásico (C), en general, se refieren a nuevas formas de actuar, utilizar conceptos o recursos diferentes, o más complejos, pero sobre supuestos o esquemas arraigados que no cambian en el «modo» de ser percibidos, descritos o declarados (salvo algunos casos, los que introducen el Modelo Clásico en el Relativista).

El mismo parámetro en los bloques de contenido «problema», puede categorizar bajo una unidad analítica similar a la de los del patrón, que implica adquisición de nuevos conceptos o procedimientos y además de un verdadero cambio conceptual (nuevos esquemas), lo que además implica desechar conocimientos arraigados sustituyéndolos por otros, que se consigna como (CC), origen de las controversias que trata este trabajo.

Los datos son:

- Ambiente patrón: 20,1% de C frente al total.
- Ambiente problema: 20,9% de CC frente al total de eventos.

Las asociaciones intercategoriales particulares de esta subcategoría (CC), en el ambiente «problema» se destacan:

- 13,3% de CC con S o D: que es más del 50% del total de CC.
- 10,1% de CC con I o G: que es el 50% del total de CC.
- 6,0% de CC con O.
- 2,2% de CC con F.
- 2,1% de P (persistencia de los conceptos) (de hecho representa un conflicto particular).

En general, la relación entre ambientes refiere la existencia de una capacidad similar a la hora de instrumentalizar nuevos conceptos (C) o (CC) como logros cognitivos.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M.) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Las asociaciones CC-S o D se dan en el 13,3% de los casos, frente al total de eventos, en CC y un 63,4% frente al total de la categoría que lo que constituyen además la suma de sus asociaciones también significativas con F u O, lo cual sí parece una vez más muestra de fertilidad.

Que CC se conjuga también frecuentemente con F el 10,7% de casos frente a la categoría, es muestra de que los problemas cognitivos (en la necesaria recalificación y descripción de los conceptos para hacerlos consistentes) están presentes.

La presencia frecuente de M, es muestra de una sintonía que no rehuye las dificultades, y la consignada con I y G permite sugerir que sí existe relación causal con las variables del enfoque, la conjunción CC-I o G aparece en el 50% de (CC).

Ejemplos: (CC) en la asociación con S y D, en los que el papel de I o G también se aprecia:

Día 29 de Noviembre (7º día)

- 61 [MS[ICC]] A. «La masa en reposo». «A ver». ($M_a S_b (I_a CC_c)$)
P. «Luego será igual. Tenemos 0,5·1,6 partido por ».
- 62 [MS[GCC]] A. «...De la velocidad de la luz». ($M_a S_a (G_b CC_a)$)
- 63 [M[S]] A. «Al cuadrado». (Varios). ($M_a (S_b)$)

Día 28 de Noviembre (6º día)

- 37 [MS[FCC]] A. «¿Cómo se distingue la masa en movimiento de la del..., esa misma en el sistema en reposo?». ($M_a S_a (F_b CC_a)$)
P. (Además, se ha dibujado con M la masa del sistema S). «Sí, ese es el problema para mí (que soy S')».
- 41 [MS[I]] A. «m'». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Eso es..., y la llamamos m_0 ».
P. «¿Y para S?».
- 42 [MS[CC]] A. «m». ($M_b S_b (CC_b)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_0) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 29 de Noviembre (7º día)

- P. «Que es la relación entre el valor de la misma medida por sistemas diferentes. Pero el sistema S tiene a su vez una masa (por ejemplo M_0) y que para S' será...».
- 8 [MS][CC] A. «m». ($M_a S_a (CC_a)$)
 P. «Es decir, la mayor inercia piensa cada uno que en (por ejemplo) un choque la presenta el otro... No es un concepto absoluto. La medida es para uno y para S' es... ¿Está claro?».

Día 29 de Noviembre (7º día)

- 15 [M][MS] A. «¿No falta c^2 ?». ($M_b S_a$)
 P. «Sí, justamente, y se opera sacando factor común a $m_0 c^2$ ».
- 16 [M][MS][CC] A. «¿Y v^2 es la de m?» ($M_b S_a (CC_b)$)
 P. «Es eso, viene ligada la masa m a esa velocidad o energía comunicada». (Se escribe $m_0 c^2$ multiplicado por 1 partido raíz cuadrada de $1-v^2/c^2$ y esto último menos 1). «Y despejando de ahí, ahora se obtiene la velocidad que alcanza (con esa energía)».
 P. «Expresión que desarrollada se escribe... (la de los apuntes). Y fíjense si ahora v es muy pequeña frente a c en estos términos v^4/c^4 ...».
- 17 [MD] A. «Se anula». ($M_a D_b$)

Día 29 de Noviembre (7º día)

- P. «¿Y su cantidad de movimiento?».
- 56 [M][IGO] A. « $m \cdot v$ ». ($M_b (I_a G_o)$)
 P. «Así será».
- 57[M][MD][CCOI] A. « m_0 partido por raíz de uno menos v^2 partido por c^2 y por v». (Dictan muchos). ($M_b D_a (I_o CC)$)
 P. «Eso es».
- 58 [MS][FCC] A. «¿La v es la misma?» ($M_a S_a (F_b CC_a)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_0 Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 29 de Noviembre (7º día)

- 61 [MS[ICC]] A. «La masa en reposo». «A ver». ($M_a S_b (I_a CC_c)$)
P. «Luego será igual. Tenemos 0,5·1,6 partido por ».
- 62 [MS[GCC]] A. «...De la velocidad de la luz». ($M_a S_a (G_b CC_a)$)
- 63 [MS] A. «Al cuadrado». (Varios). ($M_a S_b$)
- 68 [M[CC]] A. « $m \cdot c^2$ ». ($M_a (CC_c)$)
P. «Eso es, y...».
- 69 [MO[CC]] A. «menos $m_0 \cdot c^2$ ». ($M_b S_o (CC_a)$)
P. «¿m es?».
- 70 [MD[IOCC]] A. « m_0 partido por la raíz cuadrada de uno menos v^2/c^2 d». ($M_a D_a (I_o CC_a)$)

Lo más relevante es la soltura en producirse estos cambios conceptuales CC que, como revelan los otros tipos (I, G, F, S, D), entra ya en la resolución y averiguación particular que en esta fase de «coto plazo» se produce sobre todo al final de la instrucción de cada tema, o cuando se reitera la misma, lo que se produce al final del curso en la subcategoría T_L . La mayor confusión, errores y vuelta a los conceptos viejos se produce a plazo medio (T_M).

Con I y G se aprecia esa interacción constante:

Día 21 de Noviembre (2º día)

- 27 [MS[G]] A. «Diferentes». ($M_a S_a (G_b)$)
P. «¿Qué pasó?».
- 28 [MS[CC]] A. «Que fueron iguales». ($M_a (S_b CC_a)$)
P. «Pasaba que la velocidad de la luz permanecía constante, no incorporaba...».
- 29 [MSGO] A. «La velocidad del medio». ($M_a (S_a G_b CC_o)$)
P. «Así no variaba ni con el foco ni con el medio, y como además -como siempre- puedo pensar que estoy en reposo (Primer Postulado), su medida siempre es...».
- 30 [M[GCC]] A. «Constante». ($M_a (G_a CC_a)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Día 23 de Noviembre (4º día)

- 2 [MS[ICC]] P. «Y pasa S' por delante, ¿por qué en S' será el tiempo propio?».
A. «Es un único reloj». ($M_a S_a (I_a CC_a)$)
P. «¿Podemos afirmar que éste se mueve? (Señalo S)».
- 3 [M][M[GO]] A. «No». (Comentan, hablan). ($M_b (G_o)$)
- 4 [M[GCC]] A. «...que S' es el que se desplaza». ($M_a (G_a CC_b)$)

Día 23 de Noviembre (4º día)

- 23 [MS[I]] A. «Raíz de uno menos...». (Dudan). ($M_b S_b (I_b)$)
P. «Luego la l que mido fuera es igual a la de mi sistema dividido... Así l es...».
- 24 [MDO[CC]] A. «Menor». ($M_b D_o (CC_b)$)

Día 28 de Noviembre (6º día)

- 47 [MS[GCC]] A. «Siempre es (se oye mal) para el otro sistema la masa mayor». ($M_a S_b (CC_a G_b)$)

Día 29 de Noviembre (7º día)

- 37 [MD[F]] P. (Y ahora, sobre los datos en el encerado del problema del libro, que da la potencia gastada en un año y pide la masa equivalente).
A. (Discuten sobre el exponente, si el exponente está expresado correctamente). ($M_b D_b (F_b)$)
P. «Definitivamente...». (Se hacen operaciones). «1 día²= 3600·360... La energía será 500/10⁶·360... En julios...».
P. «Bueno, cómo se calcula la masa».
- 38 [MD[GCC]] A. «m será igual a esa energía partido por c²». ($M_a D_a (G_a CC_a)$)
P. «Incremento de m mejor».

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 39[MS[FGCCTM]] A. «¿No sería m_0 partido por raíz...?». ($M_a S_a (G_b F_a CC_a T_m)$)
 P. «No, porque no está en juego el movimiento».

Día 29 de Noviembre (7º día)

- [M[ICC]] A. «La masa en reposo». «A ver». ($M_a (I_a CC_c)$)
 P. «Luego será igual. Tenemos 0,5·1,6 partido por ».
 [MS[GCC]] A. «...De la velocidad de la luz». ($M_a S_a (G_b CC_a)$)
 [MS] A. «Al cuadrado». (Varios). ($M_a S_b$)

Finalmente, en relación al tipo (P) (persistencia de los conceptos que han de ser sustituidos), son ejemplos:

Día 21 de Noviembre (2º día)

- P. «¿Y las ondas mecánicas?».
 13 [M[G]] A. «No». ($M_b (G_b)$)
 P. «No incorporan la velocidad de su fuente, pero sí la de...».
 14 [M[IGO]] A. «La de su medio». ($M_a (I_a G_o)$)
 P. «Ahora vamos a la luz, ¿incorpora la velocidad de su fuente?».
 15 [M[FP]] A. (Silencio). «Sí». ($M_a (F_a CC_d)$)
 16 [M[I]] A. «No». ($M_a (I_a)$)

Día 21 de Noviembre (2º día)

- P. «Y el intervalo t_2-t_1 y $t'_2-t'_1$ son iguales».
 61 [M[FP]] A. «Sí». ($M_a (F CC_d)$)
 62 [MS[CC]] A. «No, no». (Varios). ($M_a S_a (CC_a)$)
 P. «¿ t' transcurre igual en sistemas con movimiento relativo?».
 63 [MDO[I]] A. «No». ($M_a D_o (I_b)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 64 [M] P. «Es de lo que estamos hablando...».
A. (Comentan, ríen). (M_c)

Día 23 de Noviembre (4º día)

- 59 [M[I]] P. «No aumenta su velocidad, y si lo conjugamos con que la energía se conserva..., ¿cómo se mantendrá el Principio de conservación? ¿Qué tienen los electrones?».
A. «Masa». (M_a (I_a))
P. «La masa aumenta».
- 60 [MS[GFPTL]] A. «¿No es la masa constante?». (M_a S_a (G_a F_a CC_d T_i))

CC en estos ejemplos ha mostrado su expresión a «corto plazo», que no se identifica, que se aprecia en su aparición frecuente y con fluidez luego en su conjunción con los tipos T_M y T_L (medio y largo) se verá que con el primero disminuye y con el segundo aumenta, contrariamente a P.

Los ejemplos T_L largo plazo se exponen en análisis fuera de los registros de la fase de instrucción (que en general son a tiempo «inmediatamente»), y los T_M (plazo medio), que no incluyen la reiteración, se muestran en algún caso como la revisión de exámenes del día 14 de diciembre de 2000).

Día 14 de Noviembre de 2000

(Los exámenes se reparten):

- P. (Se recuerda el enunciado del primer problema). «Se trata de una partícula que recibe energía por lo que pasa a tener una energía total que se conoce. Conocemos además su masa en reposo. Se pide el aumento de masa, la energía cinética y el momento»
A. (Murmullo).
P. «Si nos dicen que respecto a un sistema S tiene una masa que por ejemplo llamamos... ¿Os acordais?».
- 1 [M[F]] A. «Dudan». (M_a (F_c))

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- P. «Y si nos dicen que para ese sistema S tiene una energía total E, ¿cómo podemos escribir esta energía?». (Se pretende que utilicen la equivalencia mc^2).
- 2 [A[IP][TM]] A. «La energía inicial...». (M_o (I_b P) (T_M))
 P. (Se va escribiendo $m_o c^2 + \dots$, aunque eso no es lo que se pregunta).
 P. «Inicial..., ahora tenemos la partícula en movimiento...».
- 3 [F] A. (Dudan). (F_o)
 P. «¿Y esta E, es?».
- 4 [P[TM]] A. (Hay confusión). ($P T_M$)
- 5 [MS[G]] A. «Total». ($M S_b$ (G_o))
 P. «¿Y ésta? (Es de suponer que se señala el segundo término que se suma)».
- 6 [F] A. «A su vez...». (F)
- 7 [N[FTM]] A. (No se entiende). ($N F T_M$)
 P. (Se repite la pregunta; se escribe en su lugar E_o).
- 8 A. «Comunicada». (M ($O CC_b$))
- 9 A. «Cinética». (M (I_b))
- 10 [M[PTM]] A. «No». (M ($F P$) (T_M))
- 11 A. «Sí». (F)
 P. «Por ejemplo, si la partícula se está moviendo sería...».
- 12 [M[OI]] A. «Cinética». (M ($O I_b$))
 P. «La energía cinética..., bueno». (Se escribe $E_{com} = W mc^2...$ que se ha comunicado).
 P. «¿Y cuál sería la energía total para el sistema S?». (Se dibuja S_o (m_o)).
- 13 [M[OI]] A. «Que es igual a E». (M ($O I$))
 P. «¿Los demás de acuerdo?».

Resumen:

Se procede ahora a adelantar y desarrollar actividades de análisis de la fase 3ª:

En primer lugar se analizan, en uno y otro ámbito, los tipos que mejor revelan la fertilidad del proceso S y CC (significación y cambios conceptuales) su nivel de consecución, cuantías relativas, cabe destacar, es similar en ambos grupos. Tal concordancia «del problema» con los bloques «patrón», cuyas trayectorias epistemológicas están avaladas y consolidadas en la enseñanza por años de experiencia, hace pensar que algún papel tienen las variables con este efecto; resultado contrario al que se obtenía cuando poniendo mayor

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

énfasis en lo fenomenológico, se añadían los temas de Física Moderna al currículo más general.

Dado que las unidades de S coinciden en gran manera con las de I y G, se muestra que las estrategias para resolver casos se relacionan con dichas variables, y de forma similar en los dos ambientes.

Si ahora se contrasta S con M (participación) y F (conflicto), la conjunción es grande, y con todos los tipos de F: muestran dudas, debaten, discrepan, cometen errores, o quedan en silencio expectante..., conjunción tiene algo de mayor peso en los bloques del «problema», así los conflictos cognitivos entran en juego abiertamente en los procesos significativos. Relación (S-M-F y otras) lo que advierte del esfuerzo que no escatiman los alumnos al emprender.

El fenómeno abre hipótesis, como: ¿realmente influye el que a los alumnos se les ha dado argumentos sobre los que debatir?, o que la actitud procede del hecho de dotar a los alumnos de los instrumentos o herramientas necesarias.

La inferencia con la categoría M (motivación) (del foco que destaca las actitudes) en los dos escenarios, indica que la motivación parece ser superior en los contenidos «problema» de Física Moderna. Este hecho hace pensar que los alumnos ante las dificultades, lejos de reaccionar con rechazo, se implican. Y así M, en los dos ambientes, se muestra junto a categorías que implican esfuerzo S, F, D, C o CC.

Este aparejamiento es importante ya que es contrario a conjeturas de hipótesis rivales, que sostienen una asociación causa-efecto diferente, en las que se preconiza que lo que se debe a cuidar la actividad que produzcan «motivación», desde epistemologías que huyen de la complejidad de los planteamientos y ponen el énfasis en lo espectacular, o la solución de casos, aunque en ello se improvisen conceptos (que así haya que memorizar). Dichas hipótesis en primer lugar propugnan la captación de la atención y el interés, y así sitúan en primer lugar variables que supuestamente llevan aparejadas dichas actitudes, enfoques que son prolijos en lo fenomenológico o la divulgación, etc. Pero que hasta el momento no consta su éxito. (Ver el planteamiento del problema y primera hipótesis de esta investigación).

Contrariamente, el constructo que ahora emerge es que los efectos causales no son los ligados a la actitud, sino que contrariamente ésta pasa a ser «efecto», y precisamente las variables causa serán las de las características de un enfoque sistematizado.

La hipótesis que se deriva es que la actitud positiva más bien viene de la mano de variables consideradas contrarias a la misma por su supuesta «aridez». El interés que aquí

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

se aprecia no es causa sino más bien efecto. *Se concluye que M es una categoría que emerge y presumimos que de una epistemología que permite desarrollar en cualquier ambiente los conflictos, y expresar los errores a través de los instrumentos adecuados.*

Finalmente, *el tercer parámetro que se pasa a analizar es la subcategoría CC, y representa la consecución de cambios conceptuales. CC representa la variable-subcategoría «efecto» cuyo control interesa a la investigación. En general, CC presenta conjunción con todas las unidades de máxima fertilidad: M-S, o D con I, O, F y G, indicando en primer lugar lo complejo de su consecución: la necesidad del reflote continuo de los conocimientos, y una necesidad en acudir a las metodologías, covariadas con procesos de planificación. CC se presenta así, no como fruto de un proceso de asimilación memorística, sino en los mecanismos de acomodación; y se hipotetiza que si no se tiene acceso a las herramientas necesarias a los mismos (hilvanación, reiteración, derivación...), su aprensión puede ser problemática. En cuanto a los datos en lo cuantitativo, (CC) tiene un porcentaje de aparición similar al de los nuevos conceptos (C). Lo que más adelante se repite con los resultados que medirán las capacidades.*

En conjunto, la consolidación de los cambios conceptuales, aunque inmediatamente parezcan bien aprehendidos, parece ser sensible a los procesos de reiteración y ajustes sucesivos para su interiorización más definitiva (T_L).

4.3.3. Análisis cualitativo

Ahora se analiza la realidad de las asociaciones en su devenir y contexto en el mismo ámbito de los episodios verbales (grabados), la secuencia de los acontecimientos, y el orden de aparición de los hechos será también punto de reflexión sobre la lógica de los acontecimientos y de sus inferencias; proporcionando más elementos para las metáforas, símiles y analogías que finalmente se establezcan.

Los ejemplos ilustran dichos elementos de interpretación ahora en el perfil cualitativo; se analizan desde los del ambiente objeto de estudio del «problema», cuyo acontecer en todos los aspectos posibles importa. En su secuencia día tras día revelan:

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M.) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

1^{er} día. Lunes 20 de Noviembre de 2000, hora 9:10

Estos primeros datos en el ambiente problema se corresponden, como era de esperar, a los propios de una instrucción que comienza haciendo referencia a lo que ya se sabe: el del papel de la Metodología Científica en su adaptación como instrumento a los fines de la Física.

Así los tipos frecuentes además de los (O) son los que se constituyen en las variables (I) y (G), quizás en consonancia con una instrucción que pretende actuar de significante entre los nuevos esquemas conceptuales y los previos. La guía del profesor es patente en dichos tipos (O). Se aprecia que algún cambio conceptual en los contenidos clásicos (C) parece consolidado, junto a aquellos del nuevo paradigma que en su día se adelantaron para justificar el Modelo Clásico dentro del Relativista (CC); lo que se asocia a la subcategoría de segundo orden (TL), que representa el plazo pasado (largo) desde la instrucción, que ha dado a cierta reiteración.

Es en este sentido ejemplo:

(Se comienza el bloque temático teórico que introduce a los aspectos que configuran el Modelo derivado de los Postulados de la Relatividad en el contexto de la Física General y el papel de dichos Postulados en su Metodología, aspectos fundamentales que se trataron a comienzo del curso).

- 1 [M[GCCTL]] A. «Que no depende del foco». (G_b CC_a TL))
P. «Vamos a revisar las estrategias a las que recurre la Física para lograr sus objetivos. ¿Recuerdan cuál era el objetivo de la Física?».
- 2 [MG] A. «La ecuación del movimiento». (M_a (G_a))
P. «Lo que representa... concretamente conocer...».
- 3 [M[I]] A. «La situación...». (M_a (I_b))
P. «Es decir, la posición...».
- 4 [M[GD]] A. «Respecto del tiempo». (M_a (G_a D_a))
P. «¿En relación a...?».
- 5 [MS[I]] A. «Posición en el espacio». (M_a S_b (I_b))
P. «Para cada tiempo...».
- 6 [M[IO]] A. «En cada instante...». (M_a (I_o))
P. «Y para averiguar... dónde está, ¿cómo lo medimos?».

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 7 [M[GC]] A. «En función de un sistema de referencia». ($M_a (G_a (CC_b))$)
 P. «Y eso es lo que vamos a hacer... y considerar al espacio, que, ¿cómo es?».
- 8 [M[IOC]] A. «Tridimensional». ($M_b (I_o CC_b)$)
 P. «¿Y si camino, qué velocidad mido? ¿ $3 \cdot 10^8$?».
- 14 [M[GOI]] A. «Es constante». ($M_a (G_a O I_b)$) *(1)
 P. «Los demás están de acuerdo en que la luz sigue alejándose de mí a...».
- 15 [MS[CC[TL]]] A. «Con la misma velocidad». ($M_a S_a (CC_a (TL))$) *(3)

Y cuando el tema ya no ofrece novedades, y ante la larga extensión del discurso, los alumnos se muestran pasivos (A).

- P. «...Sistemas Inerciales o con movimiento relativo uniforme... $a_{SR} = 0$, ¿qué pasa?, una primera consecuencia fundamental y Primer Postulado: las aceleraciones medidas desde sistemas diferentes son»:
- 18 [A[C]] A. «Iguales». ($M_d (C_b)$)
 P. «Que quiere decir que por el movimiento del sistema no se aprecian las medidas derivadas de la dinámica. Es decir, si mido, ¿su aceleración o fuerza, me sirve para decir qué sistema se mueve?».
- 19 [A[F]] A. (Comentan). ($M_d F_c$)
 P. «¿Quién dice que no?».
 P. «Mido variables dinámicas (como la aceleración). ¿Sirven para saber qué sistema se mueve?».
- 20 [MS[OG]] A. «No». (Varios). ($M_b S_c (G_o)$)
 P. «...Y es el Primer Postulado o Principio de la Relatividad».
- 21 [A[IOTL]] A. (Asienten) «Sí». ($M_o (I_o C_b T_l)$)
 P. «Vamos a ver que es cierto con ejemplos: trataremos primero objetos y luego ondas. Un objeto es lanzado por una persona (apuntes) y tendrá una velocidad igual a su velocidad, ¿más la del sistema?».
- 22 [M[F]] A. (Comentan). ($M_c (F_c)$)
 P. «¿Y ven (en el ejemplo) que se cumple el principio de relatividad?».
- 23 [AO] A. «Sí». ($M_o S_o$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Así siguen los casos teóricos siguientes, los que pormenorizan en asuntos como el comportamiento de diferentes objetos, preludio al establecimiento de la generalidad, aunque se aprecia una enseñanza asistida (O) y también algún (A) ante el largo discurso, al tiempo no se desdeñan comentarios que aclaran (I), la sistematización (G) e implicación ante los conflictos (F), (M) y (S).

- 24 [MS[F]] A. «La velocidad de un sistema». ($M_a S_b (F_b)$)
P. «Bueno, eso sí, relativamente sí, pero no...».
- 25 [MS[GCC]] A. «Quien de los dos es el que se mueve». ($M_a S_b (G_a CC_a)$)
P. «Eso es».
- 26 [M] A. «Sí». (M_c)
P. «Pero vamos a ver el caso de las ondas mecánicas (otro ejemplo en los apuntes) que resultan ser un movimiento vibratorio que se transmite».
A. (Comentan y buscan el ejemplo).
P. «De una partícula a otra, un movimiento que se...».
- 27 [MS[OC]] A. «...Propaga». ($M_a S_b (C_o)$)
P. «... Para ello deben existir 'cosas' para propagarse..., el medio... (dibujo ondas en un estanque)..., la velocidad de las ondas no depende de la del objeto que las crea, no incorporan la velocidad de la fuente, sino la del medio (ver ejemplo de pecera en apuntes), ¿éstas se mueven con la pecera?».
- 28 [MO[I]] A. «Sí». ($M_c S_o (I_b)$)
P. «Eso permite, lo vemos en el ejemplo, que las medidas de las velocidades son las mismas tanto si pienso que se mueve uno u otro...».
- 29 [A] A. (Asienten). (M_o)

P. «En que una va y otra viene: si la luz (su velocidad) varía con la fuente emisora, su velocidad (para cada estrella), ¿sería distinta?».
- 31 [MO[F]] A. «No». (Algunos dudan). ($M_a S_o (F_b)$)
P. «A ver, ¿sería diferente para la que va de la que viene?».
- 32 [M[F]] A. «No». ($M_a (F_a)$)
P. «Para la que va sería...».
- 33 [MS] A. «Menor». ($M_a S_a$)
P. «Y para la que viene...».
- 34 [AD[IO]] A. «Mayor». ($M_o D_b (I_o)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 36 [M[I]] P. «Según esto, Segundo Postulado, para la luz, su velocidad es...».
 A. «Independiente». ($M_b (I_b)$)
 P. «Que no depende ni...».
- 37 [MS[I]] A. «...del medio». ($M_a S_b (I_a)$)
 P. «...Ni del».
- 38 [MS[GCCO]] A. «...foco emisor». ($M_a S_b (G_b CC_o)$)

Y cuando ya poseen alguna herramienta, tanto en lo conceptual como en lo analítico, unas veces con decisión (S), (I), otras asistidos (O), en un camino en el que no se eluden los conflictos (F) ya son capaces de utilizar los nuevos marcos (S y D), a veces los fallos son muestra de la persistencia (P) de los conceptos que se quieren cambiar, y sí son capaces de corregir los errores, (S) y (CC)... se generan.

- 44 [MD[I]] P. «El espacio recorrido es r, y r es igual...».
 A. «c por t». ($M_a D_b (I_a)$)
 P. «¿t y t' son iguales?».
- 45 [M][M[FP]] A. «Sí». «No, no». ($M_b (F_b) CC_d$)
 P. «Es que aún teneis una concepción clásica en la que la velocidad valía...».
- 46 [MS[I]] A. «c más v». ($M_a S_b (I_a)$)
 P. «Pero ahora c...».
- 47 [MS[CCTL]] A. «Es la misma». ($M_a S_a (CC_a TL)$)
 P. «Y t sería igual a t'...».
- 48 [MS[O]] A. «No». ($M_a S_b (CC_o)$)

2º día. Martes 21 de Noviembre de 2000, hora 9:10

Primero se van a repasar algunos asuntos más teóricos, lo que genera tipos como (O) de ayuda, no obstante implicación (M) que además muestra consolidación de conceptos (S) y (CC) y quizá porque se trata con conceptos y recursos recién aprendidos, el talante es inquisitivo (M) y (F) se combinan con las variables (I) y (G).

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 3 [M][M[IO]] A. «De la Relatividad». ($M_b (I_o)$)
P. «¿Y qué significa?».
- 4 [MS[GCCO]] A. «Que no se puede saber cuál es el que se mueve». ($M_a S_b (G_b CC_o)$)
P. «Eso es, no se puede saber a través de experiencias quién se mueve, porque la aceleración que se mida es...».
- 5 [MS[I]] A. «La misma». ($M_a S_b (I_b)$)
P. «¿Y las velocidades?».
- 6 [M[F]] A. «Igual». ($M_a (F_a)$)
- 7 [M][MS[IO]] A. «Diferentes». ($M_b S_b (I_o)$)
P. «Y aunque diferentes, ¿nos permite saber quién se mueve?».
- 8 [MS[CCGO]] A. «No». ($M_a S_a (CC_b G_o)$) *(9)

P. «¿Y las ondas mecánicas?».
- 13 [M][M[G]] A. «No». ($M_b (G_b)$)
P. «No incorporan la velocidad de su fuente, pero sí la de...».
- 14 [M[IGO]] A. «La de su medio». ($M_a (I_a G_o)$) *(10)
P. «Ahora vamos a la luz, ¿incorpora la velocidad de su fuente?».
- 15 [M[FP]] A. (Silencio). «Sí». ($M_a (F_a) CC_d$)
- 16 [M[I]] A. «No». ($M_a (I_a)$) *(5)
P. «¿En qué quedamos? De acuerdo con las experiencias de... ¿os acordais?».
- 17 [MS[I]] A. «Las estrellas dobles». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Cree Einstein que la luz no...».
- 18 [MS[IOCC]] A. «Incorpora la velocidad...». ($M_a S_a (CC_b I_o)$) *(5)

P. «Aunque en su día dichas experiencias no son concluyentes por otros factores. Así, según esto, la luz se porta como...».
- 21 [MS[G]] A. «Una onda». ($M_a S_a (G_b)$)
P. «Luego, estas experiencias se confirman con otras, porque en éstas el efecto se perdía por el 'efecto de extinción'... Lo tratamos como onda, y según ello incorporaría la velocidad...».
- 22 [MS[OG]] A. «Del medio». ($M_b S_b G_o$) *(4)
P. «La aberración, ¿qué indica? Que el medio, éter, ¿es arrastrado?».
- 23 [M[I]] A. «Que no». ($M_a (I_a)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 24 [MS[I]] P. «Entonces en la experiencia de Michelson para el rayo que es lineal con el movimiento de la Tierra en la ida y la vuelta $v = \dots$ (se señala el dibujo)».
A. « v más c ». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Y en contra».
- 25 [M][MD[OI]] A. « v menos c ». ($M_b D_b I_o$)
P. «Bueno, c menos v . ¿Y para el que es perpendicular..., su resultante?».
- 26 [MS[G]] A. « c^2 más v^2 ». ($M_a S_b (G_b)$)
P. «En ambos casos los espacios (brazos), siendo iguales, los tiempos deberían haber sido...».
- 27 [MS[G]] A. «Diferentes». ($M_a S_a (G_b)$)
P. «¿Qué pasó?».
- 28 [MS[CC]] A. «Que fueron iguales». ($M_a (S_b CC_a)$)

En los ejemplos siguientes, los alumnos siguen interesándose por la metodología general a la que aluden (G), y por los detalles, como los relacionados con lo empírico o los instrumentos... (I); (M), (S), (D) o (CC) están cada vez más presentes.

- 33 [MD[GIF]] P. «Si un rayo sale con un recorrido cuya distancia en S' es r' y en S es r , pudiendo escribir $r' = \dots$ ».
A. « c por t ». ($M_a D_a (G_b I_b F_b)$)
P. «¿y r ?».
- 34 [M[IO]] A. « c por t ». ($M_b (I_o)$)
P. «¿Pondremos c por t' ? ¿Serán iguales los tiempos si c es constante?».
- 35 [M][MS[CC]] A. «No». ($M_b S (CC_o)$)
P. «Así vemos que la transformación de Galileo en que $t = t'$ no funciona. (Se escribe). Pensamos en otra transformación en función de α , ω , κ , etc. (ver apuntes), que calculamos..., tenemos que ver que tiene que cumplir que $x'^2 + y'^2 + z'^2 = \dots$ ».
- 36 [MS] A. « $(ct')^2$ ». ($M_b S_b$)
P. «¿Y para r^2 ?».
- 37 [M][MD[G]] A. « $x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2$ ». ($M_b D_b (G_b)$)
P. «Ahora el sustituir x' , y' , etc., por lo que da la transformación al igualar los coeficientes para que dé la otra (en el otro sistema, se obtienen ecuaciones) que al resolver dan los valores de α , ω y κ . Así se obtiene la Transformación con los valores de α , ω y κ que llamamos».

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 38 [M[IO]] A. «Lorentz». (Se escribe). ($M_c (I_o)$)
 P. «Que muestra que para conocer por ejemplo el tiempo en un sistema, tengo además que conocer la posición. Es decir, en ella el tiempo depende extrañamente de la posición».

El interés de englobar toda la Física bajo el mismo Modelo, se aprecia en la implicación más activa (M) de la resolución (D) de casos que relacionan lo particular y lo general.

- P. «Sin embargo, nosotros seguimos utilizando la Transformación de Galileo, ¿por qué?».
- 39 [M][M[G]] A. «Porque son velocidades pequeñas». ($M_b (G_a)$)
 P. «Por ejemplo, si v es muy pequeña, este término es...».
- 40 [MD] A. «Cero». ($M_a D_a$)

El avance en la instrucción supone este adentrarse cada vez más en la aplicación, y los tipos se evolucionan hacia un mayor peso en los S-D, y C o CC.

La medida de parámetros con base en el Grupo de Transformación de Lorentz, lleva asociados episodios (F) (conflicto), que en conjunción con (S) significación y (D) destreza, constatan la evolución hacia una capacitación en actividades que implican «aprender» de nuevo a medir. Lo que hasta ahora proporcionaba el sentido común ya no sirve. Se aprecia además que en dichos procesos (I) y (G) se dan en el rigor por aplicar métodos y por la relación continua.

- P. «¿Cómo sé que el otro reloj marca 5:05?».
- 49 [MS[F]] A. (Comentan). «Voy». ($M_a S_a (F_b)$) *(8)
- 50 [M[I]] A. «¿Lo miro?» ($M_a (I_a)$)
 P. «Estoy a una distancia..., y por lo que ves...».
- 51 [MS[G]] A. «Calculo la distancia..., el rayo». ($M_a S_a (G_b)$)
 P. «Primero lo veo y segundo».
- 52 [M[F]] A. (Hablan, dan opinión). ($M_b (F_c)$)
 P. «Si marca las 5:05, ¿son las 5:05?».
- 53 [M][MS[IO]] A. «No, no es...». ($M_b S_b (I_o)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 54 [MS[GO]] P. «Tengo que restar».
 A. «El tiempo que tarda». ($M_a S_a (G_o)$)
 P. «...Todo en relatividad va a ser afectado por esa forma de medir, y no es una diferencia relativista, esa es debida al sistema en movimiento. Veamos el ejemplo».
- 55 [MD] A. «El tiempo que se mide habrá que restarlo...». (Hablan). ($M_b D_b$)

Los ejemplos siguientes son muestra de algunos conflictos que revelan la persistencia (P) de los conceptos que se han de cambiar. En general, los conflictos de cualquier tipo que se presentan, aparecen siempre asociados a alguna actividad M, S, D, G, I, CC, etc., en lo más álgido del debate, por lo que su significado se aleja del de representar el simple desconocimiento, o desentendimiento, situándose en el plano de la actitud que manifiesta sus dudas, inquiere, o debate, actitud de fertilidad que se acentúa en la aplicación ya sea teórica o de resolución.

- 60 [M[I]] P. «El segundo...».
 A. «En x_2 ». ($M_b (I_o)$)
 P. «Y a t_2 ». *(4)
 P. «Y el intervalo t_2-t_1 y $t'_2-t'_1$ son iguales».
- 61 [M[FP]] A. «Sí». ($M_a (F CC_d)$)
- 62 [MS[CC]] A. «No, no». (Varios). ($M_a S_a (CC_a)$) *(8)
 P. «¿ t' transcurre igual en sistemas con movimiento relativo?».
- 63 [MDO[I]] A. «No». ($M_a D_o (I_b)$)
 P. «Es de lo que estamos hablando...».
- 64 [M] A. (Comentan, ríen). (M_c)
- 68 [M][MS[FCC]] P. «Así, si para uno pasan 5 con 5 y para otro 5 con 6...».
 A. «¿La distancia hay que conocerla?». ($M_b S_b (F_b CC_c)$)
 P. «Claro, claro, dependen de ella, ahora t depende de la distancia, ¿y cómo medimos?».
- 69 [M[DGc]] A. «Restando el tiempo que tarda en llegar...». ($M_a (D_a G_b C_a)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Casos de aplicación tan específicos como el «reloj de luz», dan muestras de ese interés que crece en la aplicación, lo que combina en el análisis (S-F) y (M) y además lleva luego a resolver (D). (I) y (G) como instrumentos siempre se aprecian.

- P. «El intervalo...».
- 71 [MDO] A. «Es cero». ($M_b D_o$)
P. «Entonces, en la ecuación quedaría».
- 72 [MD[I]] A. «Incremento de t es igual a incremento de t' partido por la raíz cuadrada de 1 menos v^2 partido c^2 ». ($M_a D_b (I_a)$)
P. «¿Cuál será mayor?».
- 73 [MS[F]] A. (Silencio, dudan). ($M_c S_b (F_o)$)
P. «Vamos a analizarlo».
P. «¿ v^2/c^2 es?».
- 74 [MD] A. «Menor que uno». ($M_a D_b$)
P. «¿Y $1-v^2/c^2$?».
- 75 [MD[IO]] A. «Menor que uno». ($M_a D_b (I_o)$)
P. «Algo dividido por algo menor que uno es...».
- 76 [M][MD] A. «...Es mayor». ($M_b D_b$)
P. «Eso es, el incremento de t es mayor que el incremento de t'».
P. «En S' significa que hay un solo reloj».
- 77 [MS[FG]] A. «Pero se miden varios tiempos». ($M_a S_a (F_b G_a)$)
P. «Sí, pero en el mismo reloj». (se señala).
- 78 [M[O]] A. «Ah, sí». ($M_a S_o$)

P. (Se repite).
- 80 [M[F]] A. «Sí». ($M_a F_b$)
- 81 [MS[CC]] A. «Sí..., el de relatividad». ($M_a S_b (CC_a)$)
P. «Sí, ¿cómo puedo decir que retrasa el que está en movimiento si no sé quién se mueve? ¿Cuál es entonces la diferencia...? Consiste en que el propio registra en un solo reloj, frente a los muchos relojes de S frente a los que pasa». (Ver dibujo).
- 82 [M] A. (Comentan). (M_b)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

La actitud se repite en el caso de resolver la sincronización de relojes. Los tipos en los cambios conceptuales además cada vez más, dan muestra de ser evocados con soltura (M-CC-S-F).

- P. «¿Cómo se sincroniza un reloj?». (Ver hoja de apuntes). «Voy al patrón, lo pongo en hora, y vuelvo, ¿he sincronizado?».
- 84 [M] A. «No». (M_c)
P. «¿Por qué?».
- 85 [M[IFP]] A. «Porque tengo que restar el tiempo... del espacio». (M_a (I_b F_a P))
- 86 [M[F]] A. (Comentan, dudan). (F_c)
P. «No, no es eso, eso no cambia la hora. Repito: voy y vengo, ¿he sincronizado?».
- 87 [M][M[IO]] A. «No». (M_b (I_o))
A. «No».
P. «¿Qué pasa...? Me alejo».
- 88 [M[F]] A. (Hablan, discuten). (M_c (F_b))
P. «Me muevo..., ¿qué le pasa a mi reloj?».
- 89 [MS[CC]] A. «Retrasa». (M_a S_b (CC_a))
- 90 [M][MD[CC]] A. «Más pequeño». (M_b D_b (CC_c))
- 91 [M] A. (Hablan entre ellos, preguntan). (M_c)

3^{er} día. Miércoles 22 de Noviembre de 2000, hora 9:10

Se empieza más tarde la clase de la hora señalada, por causa de un examen. En la actitud se nota cansancio o quizá ante la repetición algunos hechos se muestran como (A) y (O).

Lo que se va a tratar es la aplicación de los nuevos esquemas de actuación, y se aprecia la guía que se ofrece ha de proporcionar ante los nuevos conflictos (como los que genera la medida de tiempos en sistemas distintos), y es aceptada (O), combinándose con (M-F-I-G)...

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 5 [AD[IO]] A. «Uno partido...y por incremento de t prima». (M_o D_a (I_o))
- 6 [M[F]] A. «Y v² partido c por...». (M_c (F_b))
P. ¿Cuál es el otro sistema: S?
- 7 [F] A. (Comentan). (F_o)
- 8 [M[F]] A. «Tierra». (M_a (F_a))
P. ¿Sola? (Se dibuja el reloj que va y vuelve a la tierra en la nave...).
P. ¿Quién constituye S?
- 9 [A[F]] A. «La tierra...». (M_o (F))
- 10 [F] A. (Silencio). (F_o)
P. Suponemos que hay estrellas.
- 11 [M[OI]] A. «Las estrellas». (M_b I_o)
P. Es decir, todo..., S es el Universo, todo, y ahora un reloj que pasa. (Se dibujan relojes).
- 12 [MS[OCCG]] A. «Por los otros». (M_a S_b (CC_c G_o))

Luego, fuera de lo previsto, que no era más que la simple mención de estos asuntos, se sigue un debate bajo un talante de sensible interés en la resolución de casos, lo que propicia episodios en (S), (D) y (CC) que se combinan con (I) y (G).

- P. Claro, no se puede saber; vamos a concretar: ¿puede marcar 5 y 6 segundos?
- 17 [MS[O]] A. «No» (varios). (M_b S_b (CC_o))
P. Porque eso es que están sincronizados y el tiempo impropio debe ser diferente.
- 18 [M][M[CC]] A. «Claro». (M_b (CC_o))
P. ¿Puede ser 5 y 4?
- 19 [MS[GCC]] A. «No, porque tiene que ser mayor». (M_b S_b (GCC_a))
P. ¿Y 5 y 10 segundos?
- 20 [MS[F]] A. «Sí». (M_c S_b (F_b))
- 21 [M][MD[I]] A. «No». (M_b D_b (I))
- 22 [M] A. «Sí». (M_o)
P. Eso que se ve... Y si marca concretamente 5 y 9, ¿cuál es el tiempo (impropio)?

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 23 [MS[GCC]] A. «Puede ser 5 y 8». (Está bien, están separados $3 \cdot 10^5$ kms.). ($M_a S_b (G_b CC_a)$)
P. Miden..., o se ve...
- 24 [MS[GCC]] A. «No, ve 5 con 9». ($M_a S_a (G_b CC_c)$)
- 25 [M][MD[ICC]] A. «Cinco con nueve..., pero lo que ve es 5 con 10». ($M_b D_a (I_b CC_c)$)
A. (Discuten porque, por confusión, he puesto un segundo más de lo que es).
- 26 [MS[IG]] A. «Es que es la hora que era». ($M_a S_a (I_a G_b)$)

4º día. Jueves 23 de Noviembre de 2000, hora 12:10

La pauta de los ejemplos anteriores ante nuevos casos de aplicación, aunque ahora teóricos, es similar; la que da muestras de implicación (M-F) y el uso de recursos (I y G) se va ganando capacitación (S) que se resuelve en destreza (D) y (CC), a medida que se avanza en la instrucción; lo que representa pauta de comportamiento que se repite.

- 5 [MS[G]] A. «Pues, las cinco más lo que dé la longitud de la barra». ($M_a S_a (G_b)$)
P. «Eso es, por ejemplo las 5 y 5».
- 6 [MD[IO]] A. «Espacio por tiempo». ($M_a D_b (I_o)$)
P. «Bueno, velocidad por tiempo; ¿y es un tiempo...?».
- 7 [MD[F]] A. «Incremento». ($M_a D_b (F_b)$)
P. «¿Propio o impropio?».
- 8 [M[ICCO]] A. «Propio». ($M_a (I_a CC_b O)$)
P. «Bueno, pues esa es la longitud de la barra (para S')».
- 9 [MS[F]] A. (Dudan) «5.5». ($M_a S_b (F_b)$)
- 20 [MS[CC]] A. «V por el tiempo impropio». ($M_a S_a (CC_b)$)
P. «Vamos ahora a dividir l/l' (simplificando), y teniendo en cuenta que el tiempo impropio es igual».
- 21 [MD[O]] A. «Propio». ($M_b D_a (CC_o)$)
P. «Partido por...».
- 22 [MD] A. «Raíz de uno menos...». ($M_b D_b$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 23 [MS[I]] P. «Sustituyendo, l: l' por...» (En confusión, hay que dividir).
 A. «Raíz de uno menos...». (Dudan). ($M_b S_b (I_b)$) *(3)
 P. «Luego la l que mido fuera es igual a la de mi sistema dividido... Así l es...».
- 24[M][MDO[CC]] A. «Menor». ($M_b D_o (CC_b)$)

El comienzo de nuevos bloques de actividades, muy en el campo de lo analítico (pasos que han de llevar a la adición relativista), conduce a la repetición de tipos (O) y (A) (quizá por la monotonía de un proceso que deben seguir sin poder implicarse; pero quizá debido a que ya disponen de muchos recursos aprendidos en este campo, se producen (D) y (S).

- 26 [A[I]] P. «La velocidad medida desde el sistema S' la llamamos Ux' y en S Ux , en la dirección de la v (relativa entre los sistemas), ¿de acuerdo?».
 A. «Sí». ($M_o (I_a)$)
 P. «Por definición, ¿cuál será o a qué es igual Ux' en S'?».
- 27 [M[FC]] A. «Derivada de x con respecto al tiempo». ($M_a (F_b C_b)$)
 P. « x' ».
 P. «Y tenemos para x' según la transformación de Lorentz...».
- 28 [MDO] A. « x' = uno dividido por raíz...». ($M_a D_o$)
- 29 [M[I]] A. «y por x menos v·t... dividido por c^2 ». ($M_a (I_b O)$)
 P. «Bien».
- 30 [MD] A. «Sin dividir por c^2 ». (Rectifican). ($M_a D_b$)
 P. «Se puede derivar x' respecto a t' ».
- 31 [M][MO[CTL]] A. «No». (Varios). (Comentan). ($M_b S_o (C_b TL)$)
 P. «¿Por qué? Se ve que no es función». (Se cambia x' por x en la transformación). «Sin embargo, ¿ t' se puede derivar respecto a t' ?».
- 32 [MS[C]] A. «Sí». ($M_b S_b (C_b)$)
 P. «Así para hallar lo que quiero derivar, primero x' respecto a t y luego t' respecto a t... (siguen los apuntes) y luego simplifico (dividiendo)».
- 33 [AD] A. (Asienten). ($M_o D_b$)
 P. «Y cuanto obtengo derivada de x respecto derivada de t que es Ux ».
- 34 [M][MD[G]] A. «v». ($M_b D_b (G)$) *(16)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 39 [M[GCC]] A. «Que da igual... que la de adición». ($M_a (CC_a) G_a$)
P. «¿De Galileo?».
- 40 [M[F]] A. (Asienten). ($M_c F_b$) *(18)
P. «Sí, para velocidades v pequeñas ese término es...».
- 41 [AD] A. «Cero». ($M_o D_b$)
P. «Y uno menos cero».
- 42 [M][MDO] A. «Es uno». ($M_b D_o$)
P. «Y U_x+v es una adición...».
- 43 [MDO[F]] A. «De velocidades». ($M_a D_o (F_c)$)
P. «¿Clásica?».
- 44 [M[GO]] A. «Sí». ($M_a (G_o)$)

Y los ejemplos numéricos se muestran como los anteriores prolijos en la asociación que propone, arriesga y yerra (M-F), además se revela la reticencia en la acomodación de los nuevos conceptos (P). Constituyéndose un clima de negociación, asociaciones (M-S-F). Los recursos cognitivos continúan revelándose en (I) o (G).

- 46 [MD[OI]] A. «1,8c». ($M_a D_c (I_o)$)
P. «¿Es es posible?».
- 47 [M[FP]] A. «Sí». ($M_a (F_b CC_d)$)
P. «¿Una velocidad mayor que la de la luz?».
- 48 [MS[F]] A. (Silencio. Realmente aún no se ha significado el concepto). ($M_c S_b (F_c)$)
P. «Pero si utilizamos la adición relativista...».
- 49 [MD] A. (Dictan) « $0,4c + 0,7c$ dividido por... $0,4c$ más $0,7c$ por c dividido por c^2 ...». ($M_a D_a$)
P. «Se ve que da c , o menos que c . Por ello los postulados no sólo dicen que es constante sino...». (Ruido de la calle).
- 50 [M[CCG]] A. «Es máxima». ($M_a (CC_a G_a)$)
P. «Luego, se puede obtener velocidades mayores que la de la luz».
- 51 [M][M[I]] A. «Una noticia dijo que sí». ($M_b (I_a)$)
- 55 [MS[I]] A. «...Aumentando». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Estamos acelerando..., v aumenta..., el tiempo (en atravesar) cada vez es...».

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 56 [MS[G]] A. «Menor». ($M_a S_b (G_b)$)
P. «Pero si la velocidad se aproxima a la de la luz, el tiempo de vuelo en vez de disminuir queda...».
- 57 [M[IO]] A. «Igual». ($M_a (I_o)$)
- 58 [M][M[IF]] A. «¿Cómo puede ser eso?». ($M_b (F I_a)$)
P. «No aumenta su velocidad, y si lo conjugamos con que la energía se conserva..., ¿cómo se mantendrá el Principio de conservación? ¿Qué tienen los electrones?».
- 59 [M[I]] A. «Masa». ($M_a (I_a)$)
P. «La masa aumenta».
- 60 [MS[GPFTL]] A. «¿No es la masa constante?». ($M_a S_a (G_a P_b F_a T_l)$)

Las líneas generales que llevan a la equivalencia entre masa y energía, que combina experiencias, instrumentos y relaciones analíticas crea la acción que es conducida (O), a la vez de la consolidación de constructos en el conocimiento (S) y (CC) o (C), lo que se aprecia en «a largo plazo» (TL).

- P. (Se hace un resumen). «Veíamos que en el LINAC decíamos que los electrones a medida que aumenta su velocidad disminuye su...».
- 61 [MS[IO]] A. «Tiempo». ($M_b S_b (I_o)$)
P. «De vuelo..., pero hasta un límite, en el que su velocidad se aproxima...».
- 62 [M[I]] A. «A la de la luz». ($M_b (I_b)$)
P. «Entonces, el tiempo se hace...».
- 63 [M[G]] A. «Límite». ($M_b (G)$)
P. «Es decir, constante. Pero si mantenemos los Principios de Conservación de la Energía, y la velocidad no aumenta, ¿dónde va?».
- 64 [M[CCIO]] A. «La masa». ($M_a (CC_a I_o)$)
P. «Lo que nos hace pensar en una masa variable y vamos a ver cómo se relacionan masa y energía, ya que van a ser sustancialmente...».
- 65 [MS] A. «Proporcionales». ($M_a S_b$)
P. «No, no sólo, sino que van a ser... ».
- 66 [M[CC]] A. «Iguales». ($M_a (CC_a)$)
P. «Lo mismo».
P. «La energía antes la escribíamos como $F dx$, es decir, $dE=...$ ».

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 67 [MD[ICTL]] A. «Diferencial de la cantidad de movimiento partido diferencial de tiempo por dS». ($M_a D_a (I_a C_a TL)$)
P. «En Clásica la masa salía...».
- 68 [MD[G]] A. «Fuera». ($M_a D_b (G_b)$) *(11)
P. «Porque era...».
- 69 [AS[CTL]] A. «Constante». ($M_o S_a (C_b TL)$)
P. «Y daba la energía en Clásica. Pero ahora, a partir de esta ecuación que integramos, la radiación tendrá una energía $E = \int dp \cdot c = pc$, es decir, $p = E/c$ ». (Se escribe en el encerado).

Resumen de las pautas primeras encontradas en las secuencias de estos primeros días

Lo que más destaca es que las secuencias de acontecimientos se repiten con perfiles constantes, representados por la conjunción del comportamiento (tipos), con el carácter del asunto que se trata: que bien sea la *exposición de algo nuevo, una repetición o reiteración de lo ya visto, o bien una aplicación a la resolución de caso*.

Caso por caso, en relación a la primero, los tipos se decantan por la participación más discreta (M) simple o (A), salpicados de frecuentes modos en (O): ayuda, y ciertas muestras de conocimiento (C) o (CC). Luego la cuantía de los tipos (F) y (S), como expresión de conflicto o significación van en aumento según se entra en el tema, aunque es menor que en el 3^{er} caso, también al comienzo (D) resolución es inferior. (I) y (G) se muestran en general de modo uniforme.

La segunda clase: repaso, o discurso muy analítico tiene una disminución respecto a las otras de las muestras de implicación como son las asociaciones (M-S-F) a favor de (A): apatía y (O): inducción. No obstante (I) y (G) también se conjugan.

En la tercera, que representa el análisis y la resolución de casos, la implicación tiene el mayor peso. Aquí (M), (F) y (S) se combinan frecuentemente así como con (I), (G), (C) y (CC); y a medida que se profundiza y se llega al final la resolución (D) aumenta; lo que suele suceder al final de cada tema (a excepción del último, que ante la escasez de tiempo para ver todos los ejemplos previstos se va más deprisa, (O) aumenta, y (D), (S) y (F) parece disminuyen, final del 7^o día).

Luego, se destaca otro perfil en torno a las variables TM: (tiempo desde la

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

instrucción: medio) y TL: (tiempo largo desde la instrucción, que incluye alguna revisión). En general da lugar a una mejora en la significación.

TM lo que se aprecia es que al haberse esforzado los alumnos en otras tareas, como preparación de toda la evaluación, el cansancio, quizá el impacto de las calificaciones, etc., características de la variable TM, los tipos se decantan en mayor peso por (A), (O) e incluso (N): (se desentienden), y las muestras en S, D, F, C, CC, I o G descienden.

El ejemplo que incluye este caso se corresponde con el de la revisión del examen de la primera evaluación en los asuntos que atañen al Nuevo Paradigma (14 de diciembre de 2000). Comportamiento que también se produce en la revisión de los resultados de la evaluación de los contenidos en el Modelo Clásico.

Luego pasado el momento y antes de producirse la recuperación, la actitud y los tipos en toda la instrucción y hasta final de curso siguen más o menos las pautas que se describieron.

Ejemplo de cómo el hecho externo como son los exámenes, es decir ocuparse de otros contenidos (lo que incluye además la variable tiempo, en el tipo TM -medio-), la decepción quizá por los errores cometidos, etc., da lugar al aumento sensible de los tipos A, incluso i N, junto a F y O.

14 de Diciembre de 2000

- | | | |
|----|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | P. «¿Los demás de acuerdo?». |
| 14 | [F] | A. (Parece que asienten). (F _a)
P. «De acuerdo que ésta es la cinética». |
| 15 | [F]] | A. (No hay comentarios). (F _a)
P. «Entonces ésta es la...». |
| 16 | [A[OI]] | A. (Dudan). «Energía». (M _o (I _o))
P. «Total».
P. «Nosotros podemos escribir la energía de un sistema en función de...»
P. «De su...». (Se escribe). |
| 17 | [N[OTM]] | A. «Masa». (Sin convicción, apenas un murmullo). (N (CC _o) (TM))
P. «Para cualquier problema..., dados los datos... con (lo que está escrito) por ejemplo E= 10 ⁻⁹ ».
P. «Total que incluye». |
| 18 | [A[OICC]] | A. «M _o · ...». (Apenas se oye). (M _o (O I CC)) |

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 19 [A[PTM]] P. «La del reposo más...»
 A. (No hay respuesta). (A (PTM))
 P. «Más cinética. Cinética o comunicada, que puede ser cinética o de otro tipo».
- 20 [M[OCC]] P. «Y conociendo... $E=10^{-9}$, que es...». (Se señala mc^2).
 A. «m». (M (O CC))
 P. «Masa en movimiento».
 P. «¿Y si conocemos la masa en movimiento, podemos conocer m_0 , o del reposo?».
- 21 [AS[I]] A. «Sí». ($M_0 S_b$ (I))
 P. «Sí, porque...».
- 22 [MD[ICCO]] A. « $m= m_0/1-v^2/c^2$ ». (Dictan sobre lo que se escribe). ($M_b D_b$ ($I_0 CC_b$))

La fase de análisis de estos datos, que se adentra en el descubrimiento de los fenómenos (3ª fase del mismo), sigue:

El análisis interambientes de los eventos en los diferentes perfiles descritos, indica que las fluctuaciones en los tipos son iguales para los dos ambientes.

A partir de este punto el lector puede prescindir de los ejemplos del análisis secuencial que siguen que se remiten al Anexo V como «ejemplos en el análisis más cualitativo» (sesiones 5ª, 6ª y 7ª) que ratifican lo dicho. Y puede, sin perder significación en el relato, pasar directamente a las conclusiones de este análisis cualitativo.

Los datos de la revisión de exámenes:

El ejemplo que sigue, fuera de los días de instrucción, sirve de muestra a los fenómenos que se producen en un tipo de episodios diferentes, como los de revisión de un examen, ahora concretamente en los asuntos con contenido en el Paradigma Actual («problema») de la primera evaluación.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_0) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Resumen de las apreciaciones hechas a lo largo de la fase de instrucción

El que bajo esta inspección cualitativa se destaca:

Durante el desarrollo del trabajo de campo, las secuencias de los acontecimientos revelan «modos categoriales» que dan muestra de ciertas pautas en los comportamientos en función de la situación concreta que tenga lugar. Relaciones causales, o covariancias entre eventos, presentidas, y que también la comparación interambientes aprecia semejantes.

Destacan:

En primer lugar aquellas pautas que tienen que ver con el devenir en lo pedagógico, por ejemplo la novedad de los conceptos al inicio de un bloque temático; o un final de instrucción; tipo en la exposición, como que sea declarativa, aplicación de un recurso, incidir sobre algo.

Otras responden a la clase de conjunciones que se suelen producir, acompañando ciertos fenómenos, por ejemplo que una situación como la de conflicto, suele tener asociaciones que implican otros tipos.

Por último, que a veces se trata de un condicionante físico de entorno, esfuerzo, o talante después de otro evento, como un examen u otro acontecimiento, o lapso de tiempo en la instrucción, etc.

Ahora, la realidad de dichas secuencias se sintetiza:

Al comienzo de la instrucción en nuevos asuntos, conceptos o procedimientos, se produce una mayor incidencia del modo que representa en la trayectoria cognitiva inducción/ayuda subcategoría (O). Son ejemplo los episodios:

- Día 1º: datos 6, 8, 14, 21, 23.
- Día 2º: datos 2, 3, 7, 14, 18, 25.

Después, o inmediatamente, cuando se entra en el debate que supone hacer una aplicación, surge junto a las variables de los recursos subcategorías (I) y (G), y un creciente intento en significar los recursos (S), las muestras de conocimiento (C), y (CC) se van produciendo los conflictos (F) y la implicación (M) que aumentan a medida que se entra en la aplicación.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

produciendo los conflictos (F) y la implicación (M) que aumentan a medida que se entra en la aplicación.

Son episodios exponentes de estos comportamientos:

- Día 1º: datos 5, 7, 25, 37, 38, 45, 46, 47.
- Día 2º: datos 4, 5, 23, 24, 25, 28, 77.
- Día 3º: datos 11, 12, 18, 20, 21.

La categoría que es muestra de implicación o empatía con el proceso (*M*) a lo largo de la instrucción, es afín a la condición de entorno, siendo sustituida por (*A*) si, por ejemplo, el ambiente muestra fatiga u otro acontecimiento. Pero (*M*) sobre todo en su secuencia se advierte, que es *covariante* o se integra con más soltura en aquellos estadios donde el conflicto es más patente, pero además la instrucción es viva, (*I*) y (*G*), (*C*) o (*CC*) se conjugan en la duda o debate..., y aparecen junto a tareas de resolución (*S*) y (*D*), lo que ocurre en medio o final de bloques temáticos, procesos de aplicación, bien sea teórica o práctica.

Son ejemplos los episodios:

- Día 1º: del 38 al 50.
- Día 4º: del 46 al 60.

Cuando en cambio como se ha dicho, el tema no representa un debate, los ejemplos se repiten, se hace repaso de algo conocido o se centran en lo analítico, (*M*), (*F*) y también (*S*) *descienden* a favor de la categoría muestra de *apatía*, *cortesía* o *cansancio* (*A*). Son episodios en los que además (*O*) se presenta con más peso.

Son ejemplos los episodios:

- Día 3º: 1, 2, 7, 9, 11, 12.
- Día 4º: 26, 40, 43.
- Día 4º: 28, 31, 33.
- Día 5º: 5, 7, 9, 11, 23, 24, 25, 38.
- Día 6º: 3, 5, 6, 8, 9, 11.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_j) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

La aplicación que bajo datos conocidos presenta novedades, proporciona entonces la mayor frecuencia en datos (F), (M) y (S), y en su curso también (D) cada vez más frecuente:

- Día 1º: 45, 46, 47, 48.
- Día 2º: 5, 6, 7, 8, 15, 16, 42, 43, de la 49 a la 53, de la 85 a la 89.
- Día 3º: del 8 al 11, 20.
- Día 4º: 46, 47, 48, 60.
- Día 6º: 37, 40, 51.
- Día 7º: 39, 58.

Así, y en general, *a medida que se avanza en cada bloque temático, la significación (S), y (D) como destreza u operatividad aumentan y se asocian a la variable que en estos bloques temáticos es un objetivo, la consecución de cambio conceptual (CC).*

(D), parece muestra de un conocimiento que construye como se ve va más allá de la copia o repetición al ir asociada al resto de los tipos, se constituye preferentemente al final de los bloques donde se suelen tratar los «casos»:

- Día 6º: 13, 54, 57, 59, 61, 63.
- Día 6º: 9, 34, 36, 38.
- Día 7º: 5, 7, 8, 12, 16, 40, 61, 62.

La significación que no sólo se revela en procesos en los que la fertilidad es patente como que un cambio conceptual se ha producido, sino que se aprecia con las dudas o errores. O también puede anularse por una posible inducción. *(CC) con (S) y (F), como muestra de debate fértil, se ubica en el punto álgido del debate y sobre todo cuando el contenido es una aplicación, lo que suele suceder al final de los bloques temáticos.*

- Día 2º: del 33 al 35, 42, 61, 62, 68, de la 87 a la 90.
- Día 3º: 19, 20, 21, 23, 24, 25.
- Día 4º: de la 46 a la 58.
- Día 5º: del 44 al 47.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- Día 6º: 20, 26.
- Día 7º: episodios del 14 al 26, del 38 al 40, del 57 al 60.

(I) y (G) se muestran continuamente en los debates, tanto en la aplicación como en lo más teórico, advirtiendo la génesis en los recursos, que parece tiene así que ver con las variables de la pedagogía:

No obstante sí como acontece al final, *la instrucción discurre rápidamente en función de cumplir con los objetivos curriculares, la asociación con (O) aumenta;* pudiendo ser simplemente muestra de que los datos no afloran por la rapidez del discurso:

El caso de (P), que se optó por distinguir el error de cualquier tipo (F), del que supone volver al esquema o constructo que debía haber sido sustituido arroja: (P) no es muy frecuente, pero si se produce, suele aparecer con (F), (M) y (S), como debate más que simple error, también suelen rectificar dando inmediatamente (D) o (S) y (CC), lo que en el conjunto parece muestra de significación.

En general, en función de los intervalos T, (P) se produce en toda la instrucción cuando de un concepto no se ha reiterado en su significado.

Como (P) se señala que (CC) presenta variaciones con dichos intervalos de tiempo, las subcategorías de segundo orden, que categorizan como (TM) o (TL): tiempo desde la instrucción (TM): medio, y (TL): largo. La opción «inmediatamente» desde la instrucción es la que no se tipifica:

Ejemplos de (P) son:

- Día 1º: 45, 65.
- Día 2º: 35.
- Día 4º: 47.

La investigación realizada, apunta una consolidación de los constructos del conocimiento cuando éstos incluyen cambios conceptuales, que presenta diferencias en función de: *el caso «inmediatamente» da resultados bastante positivos, como se ha visto en el ajuste y empleo de los conceptos en la instrucción. Pero esos mismos conocimientos a medio plazo (TM) (algunas semanas), tienden a mostrar más peso en el error, que implica una vuelta a los conocimientos previos (P). Y asociaciones (O)-(CC) o (F)-(CC) se observan con más frecuencia cuando los alumnos, lejos del apoyo, tienen que diversificar*

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

sus esfuerzos a otros eventos como la evaluación. Ante el esfuerzo, la relajación se decanta por los antiguos conceptos, que así parece subyacen dispuestos a aflorar en las situaciones de cansancio, o de eludir esfuerzo.

Los ejemplos, en este sentido, último ejemplo citado, se sitúan sobre todo en los propios de revisión de exámenes de la evaluación escrita, donde los problemas afloran como (P), se ponen de manifiesto la consiguiente decepción por parte de los alumnos que además se muestran cansados, y poco participativos: dando así muestras de (A) en conjunción con (O) y (F).

- Día 14 de enero (fuera de la instrucción): 2, 4, 10, 16, 17, 20.

Luego, la subcategoría (TL), que implica un intervalo de tiempo más largo, en el que por alusión, mención o revisión, se han recordado los nuevos conceptos, la muestra aprecia una mayor soltura y consolidación. Como si la secuencia ahora de proporcionar el tiempo largo y cierta reflexión actuase a favor de la elaboración de los constructos.

Los ejemplos de esta situación, además de los de las muchas de recuperación que configuran las notas finales, se aprecian cuando los conceptos del Modelo del Paradigma actual son utilizados al tratar otros temas casi al final de curso, los relativos a la Física Cuántica y Nuclear, que se apoyan en los nuevos Modelos que se mencionan con soltura. (Grabaciones de finales de Abril de 2000).

La contrastación interambientes también muestra estas mismas dependencias en las dos (TM) y (TL); aunque en el de contenido Clásico, por no existir verdaderos «cambios», es más difícil matizar una vuelta a los viejos conceptos (P). No obstante, cuando es el caso de un conocimiento nuevo que representa una ampliación muy diferente, compleja o imaginativa de lo que se sabe, se observan las mismas pautas de conflictividad y retroceso. Son ejemplos las grabaciones donde se revisan asimismo los resultados de la primera evaluación de los contenidos «en el Modelo Clásico».

Los ejemplos grabados del ambiente en el Modelo Clásico o «patrón»

Ejemplos en los tipos TM, TL, F y P, que sirven además como muestra de los otros registros y perfil de secuencias en el escenario.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Martes 31 de Octubre de 2000

- 10 [MS[IC]] P. «¿Son planetas alrededor del sol..., y qué es M? M es...».
A. «Del sol». (Varios). ($M_a S_b (I_a C_a)$)
- 11 [M][M[F]] A. «Del planeta». ($M_b (F_b)$)
- [M][MD] A. «Dividido por r^2 ». ($M_b D_b$)
P. «¿La dirección de diferencial de r ?». (Se señala).
- 26 [MS[CO]] A. «Contraria a la fuerza (o F)». ($M_a S_a (C_o)$)
P. (Y a qué es igual). «¿La integral?».
- 27 [M][MD[CTL]] A. (Se va escribiendo). «Partido por r ». (Muchos). ($M_b D_a (C_a T_l)$)
P. «Ahora hay que poner límites».
- 28 [MS[GCTL]] A. «¿No es del punto uno al dos?». ($M_a S_b (G_b C_b T_l)$)
P. «Sí, pero hay que poner el valor de la variable en esos puntos, que es...», (Se señala; se ponen los límites y se opera). «El negaivo es menor..., da positivo, ¿es consecuente?».
- 29 [M[F]] A. «No». ($M_c (F_b)$)
P. «¿Creen que va solo?».
- 30 [A[I]] A. «Sí». (Varios, que se refieren a la pregunta de si es consecuente el valor positivo de la energía). ($M_o (I_b)$)
P. «Se ve que la mayoría dice que sí; es verdad, ya que así el trabajo es negativo».
- 31 [MS[CG]] A. «El trabajo negativo..., ¿nos cuesta a nosotros?». ($M_c S_b (G C_a T_l)$)

Jueves 2 de Noviembre de 2000

- 3 [AD] P. «Y el caso de la energía potencial, de subir a h (altura) un objeto, donde tiene un valor concreto...».
A. «9,8». ($M_o D_b$)
P. «Un objeto, por ejemplo de masa m , y que es caso de fuerza constante, ¿qué escribo? $E_p = \dots$ ».
- 4 [MD[G]] A. «Menos». ($M_a D_a (G_b)$)
P. «¿F qué vale?».
- 5 [MD[I]] A. «Eme g ». ($M_c D_a (I_b)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 6 [MS[IO]] P. «¿La dirección?».
A. «Menos». (Comentan). ($M_a S_c (I_o)$)
P. «¿Y luego?».
- 7 [M[FTMP]] A. (Dudan, comentan). ($M_c (F T_m C_d)$)
P. «Es trabajo, luego escribo: integral...».
- 8 [M[GC]] A. «Ah, claro». (Varios). ($M_a (G_b C_b)$)
P. «...».
- 9 [MS[GC]] A. «Por diferencial de r». (Varios). ($M_a S_a (G_b C_b)$)
P. «Y por...».
- 10 [MD[IOTL]] A. «Coseno de...». ($M_c D_b (I_b T_1 O)$)
- 11 [M[F]] A. «Uno». ($M_c (F_b)$)
- 12 [M][MD[O]] A. «Menos uno». ($M_b D_b (I_o)$)
P. «Bueno, bien, es de 180 grados».
P. «¿Qué falta?».
- 13 [M[GC]] A. «Límites». ($M_a (G_a C_b)$)
P. «¿De qué? ¿Cuál es la variable?».
- 14 [MS[GTLC]] A. «De diferencial de r». (Algunos). ($M_a S_a (G_a T_1 C_b)$)
P. «¿Dónde..., o cómo?». (Se señala).
- 15 [MO[I]] A. «h». ($M_c S_o O (I_b)$)
P. «¿de cero a h? En la superficie la altura vale...».
- 16 [MD[I]] A. «Cero». ($M_a D_b (I_b)$)

P. «Pero si fijamos el cero en el infinito, ¿para qué el mismo caso?».
- 27 [MS[I]] A. «Negativo». (Varios). ($M_a S_a (I_b)$)
P. «En el mismo punto puede ser positivo o negativo según el origen, ¿sí?».
- 28 [MO[G]] A. «De acuerdo». ($M_b S_o (G_b)$)
P. «En el campo eléctrico sólo se fija como cero el infinito».
- 29 [M[IFP]] A. «¿Qué vale g en el punto alto?». ($M_a (F I_b C_d)$)
P. «Estamos considerando que h es muy pequeña y que g no varía».
- 30 [M][M] A. (Algunos le recriminan por decir que g varía). (M_b)
P. «Pero si es muy alto (el satélite), ¿recuerdan qué vale?».
- 31 [MD[C]] A. «g= menos G por M_T dividido por R_T^2 ...». (Varios). ($M_a D_a (C_a)$)
P. (Y se escribe $E_p = \dots$, desde algún paso escrito en el encerado).

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_p) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 32 [M][MD] A. «-G por M_T partido R_T ». (Y se añade el símbolo de los límites). ($M_b D_a$)
P. «¿Por qué?». (O de dónde viene).
- 33 [MS[CO]] A. «De $-1/r$ ». ($M_a S_a (C_b)$)
P. «Y al sustituir límites...».
- 34 [MS[C]] A. «De R_T a R_T más h». ($M_a S_b (C_b)$)
P. «Y menos por menos..., etc. ¿Cómo afecta el signo negativo a la integral?». (Como en el anterior caso).
- 35 [M][MD[GI]] A. «Debe dar positivo porque el trabajo es negativo». ($M_b D_a (G_a I_b)$)
P. «Sí, pero debe darlo la expresión». (Se sustituyen los límites). «¿Cuál de los términos (el paréntesis) es más grande?».

Lunes 6 de Noviembre de 2000

- 11 [A[I]] A. «Un punto». ($M_o (I_b)$)
P. «¿Cómo realmente debería calcularse g? ¿Qué debo hacer con la esfera, o qué se les ocurre? David...».
- 12 [M] A. (Ríen, está medio dormido). (M_o)
P. «Tengo una distribución de muchas..., ¿masas puntuales?».
- 13 [M] A. «Sí». (M_o)
- 14 [A[IF]] A. «Juntarlas». (Una). ($M_o (F I_b)$)
P. «Lo que puedo hallar es de...».
- 15 [MS[GTL]] A. «De un punto». (Varios). ($M_a S_b (G T_l)$)
P. «...el campo de cada una y luego la conjunción de infinitos campos de las infinitas masas» (está escrito dq).
P. «Pero es lo que se hace, mejor aplicando Gauss que da la solución que usamos, pero como primer proceso, ¿qué haríamos?».
- 16 [M][MS[IO]] A. «La suma». ($M_a S_b (I_o)$)
- 17 [MS[CG]] A. «La integral». ($M_a S_a (C_b G_b)$)
- 21 [M[CI]] A. «De r o distancia». (Varios). ($M_a (C_b I_b)$)
P. «De acuerdo; por ello sólo el trabajo depende del lugar».
P. «Y por último, vemos la relación entre el campo y el potencial».
P. (Se señala la página del libro). «Representamos el campo de fuerza por...».

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 22 [FTM] A. (Silencio, dudan). (F_c T_m)
- 23 [A[CO]] A. «Líneas». (Algunos). (M_o (C_o))
P. «Que son las líneas...».
- 24 [F] A. (Dudan). (F_c)
- 25 [AD[GO]] A. «¿Tangentes?». (Apenas se oye). (M_o D_b G_o)
P. «Eso es, tangentes, porque así lo hemos querido; y además, E representa por asignación...».
- 26 [FTM] A. (Dudan). (F_c T_m)
- 27 [MD[CO]] A. «El número de líneas...». (M_c D_b (C_b O))
P. «Que atraviesan...».
- 28 [A[IO]] A. «La superficie». (M_o (I_o))

Martes 7 de Noviembre de 2000

- P. «Otra forma de expresar la relación entre campo y potencial; imaginamos una diferencia de potencial pequeña, es decir dV igual a menos integral de E/q por dr...». (Se escribe).
- 24 [A] A. (Copian en silencio). (M_d)
P. «No, hay algo que no esteá bien... Si pongo integral de..., y el trabajo es infinitamente pequeño, ¿no sobra la integral?».
- 25 [MS] A. «Ah, sí». (Casi no se oye). (M_c S_b)
P. «Debe ser dV= -Edr, que es ya una primera relación, pero lo escribimos de otra manera: E= dV dividido por diferencial de r, que se escribe como vector, lo que se llama gradiente de V».
P. «¿Y qué es V?».
- 26 [M[ICTL]] A. «Escalar». (Varios). (M_c (I_b C_b T_l))
P. «¿Y E?».
- 27 [M[ICO]] A. «Vector». (Varios). (M_c (I_o C_b))
P. (Se sigue). «E como derivada...». (Se hace el cálculo). «Al derivar respecto a una variable, a las otras se les considera constantes».
- 32 [M[F]] A. (Comentan). (M_c F_c)
P. «¿Está bien?».
- 33 [MS[C]] A. «4y». (Rectifican). (M_a S_b (C_b))

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- 34 [M[IF]] A. «2y». (Varios). ($M_a (F I_b)$)
- 35 [M][MD[C]] A. «z, es que es al cubo». ($M_b D_b (C_a)$)
P. «Ah, bueno. Es que he copiado mal el enunciado. Justamente..., y éste es el vector campo, y he cometido otro error...».
- 36 [MS[CGTL]] A. «¿La i?». (Varios). ($M_a S_b (C_a G_a T_l)$)
P. «Correcto». (Se borra). «V es un escalar y no debe llevar vectores. ¿Y E?».
- 37 [MD[I]] A. «Sí, porque es vector». ($M_a D_a (I_a)$)
P. «...bien que vean fallos».
- 38 [M][MD[I]] A. «En el libro el resultado da al revés». ($M_b D_a (I_a)$)
- 41 [MD[F]] A. «¿Por qué hay un menos?». ($M_a D_b (F_a)$)
P. (Se señala la expresión de origen. Se cierra la grabación y se dictan problemas). (Se trata de masas en un triángulo y calcular el campo en el medio. Se hace un esquema). (Se abre).
P. «Lo dibujamos masa a masa, ¿el que crea m_1 ?». (Se señala).
- 42 [MS[GCTL]] A. «Hacia m_1 ». (Varios). ($M_a S_a (G_b C_b T_l)$)
P. «El de m_2 ...».
- 43 [M[IO]] A. «Hacia m_2 ». ($M_c (I_o)$)
P. «Y m_3 ...».
- 44 [MO] A. «Hacia m_3 ». ($M_c D_o$)

Miércoles 8 de Noviembre de 2000

- P. «Pero siempre hay que calcularlo..., y el (campo) de cada una, en este caso que es mg ..., son...».
- 10 [MS[IO]] A. «Vectoriales». ($M_c S_b (I_o)$)
P. «Y hay que hallar los componentes y tratarlo así..., para cada uno que se crea..., y que... (se señala en el esquema) $r = \dots$ ».
- 11 [MD[C]] A. «l medios entre coseno de 30». (Se escriben los valores de g_1 , g_2 y g_3 , y se dibujan). ($M_a D_a (C_a)$)
P. «¿Cómo calculamos el total?».
- 12 [AP[TM]] A. (Silencio y comentan). ($M_o C_d (T_m)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Martes 14 de Noviembre de 2000

- 12 [M[C]] A. «Se suman». ($M_a (C_b)$)
P. «¿Cómo? ¿Así?».
- 13 [M][MS] A. «No, no». ($M_b (S_b)$)
- 14 [MS[GCTL]] A. «Por componentes». ($M_a S_b (G_a C_a T_1)$)
P. «En este caso se puede hacer de una forma más sencilla». (Se dibuja).
P. «¿La primera, hacia dónde?».
- 15 [MS[IC]] A. «Hacia la puerta». (Y señalan varios). ($M_a S_b (I_b C)$)
P. «Bien, ¿y el de la segunda?».
- 16 [MD] A. «En diagonal». ($M_a D_b$)

Miércoles 15 de Noviembre de 2000

- P. «¿Cuál sería la dirección del electrón?».
- 34 [M[CI]] A. (Algunos señalan bien, hacia abajo). ($M_c (C_b I_b)$)
- 35 [M[IF]] A. «Horizontal». ($M_a (I_b F)$)
P. (Se dibuja). «¿Y al fuerza eléctrica?».
- 36 [MD] A. «k·q...». ($M_a D_a$)
P. «No, hay que recordar la definición de campo».
- 37 [AS[GO]] A. «E·q». ($M_o S_b (G_b O)$)
P. «Y q es el electrón, ¿y es movimiento uniforme o acelerado?».
- 38 [MS[CTL]] A. «Acelarado». (Varios). ($M_a S_b (C_b T_1)$)
P. «¿Por qué a es importante, trata lo que para la Física es...?».
- 39 [MS[GI]] A. «Posición». ($M_a S_b (I_b)$)
P. «Que era...».
- 40 [M[GCTL]] A. «Objetivo». ($M_a (G_a C_a T_1)$)
A. «Por m».

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

4.3.4. Análisis entre muestras de perfil diverso: Exámenes, prueba inicial...

La particular manera de afrontar cada estadio del proceso de instrucción y aprendizaje, en sus diferentes medios de comunicación es lo que ahora se compara.

La *primera muestra* la proporcionan las respuestas escritas, que a modo de cuestionario se extraen a comienzo de curso, tratando de poner de relieve la situación o «perfil» de las actuaciones en ese momento (prueba inicial).

La *segunda* son los datos propios que, como episodios verbales (grabados) que constituyen el elemento de análisis principal del proyecto, y ahora se comparan con las de los otros estadios.

La *tercera*, los datos escritos de las pruebas de evaluación, que se configuran con el propósito de valorar las capacidades.

La contrastación entre los distintos perfiles de estas muestras ayuda a entender las diferencias en gestionar los recursos instruccionales, elemento que ahora valora y determina fenómenos. El instrumento de valoración será igualmente el conjunto de tipos bajo el sistema de categorización arbitrado, sus asociaciones y covarianzas.

4.3.4.1. Los datos en relación a la primera muestra: Prueba inicial

Bajo un planteamiento para la prueba como el que sigue:

1. ¿Cuáles son los «objetos» que crees interesan a la Física? Descríbelos. Analiza la problemática que representa su cuantificación.
2. ¿Cuál es el objetivo que persiguen las acciones que emprende?
3. ¿Qué recursos en relación a la representación, expresión y análisis de dependencias utiliza?
4. ¿Qué división se puede hacer de casos, en función de la fenomenología particular?
5. ¿Qué papel juegan en todo ello, como recursos, elementos como: leyes; referencial, separación, simultaneidad; modelos, postulados; dimensionalidad; los vectores; las fuerzas; las declaraciones, lo experimental, los grupos de transformación...?

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

De las respuestas de los alumnos a estas cuestiones destaca: un perfil en los modos categoriales, se decanta casi con exclusividad en los más declarativo: la mención memorística, la fórmula y la definición; así se produce más bien la mezcla indiscriminada de conceptos, el error y la omisión: tipos en (D) y (F) en solitario.

Los datos en (D), que sobre todo se muestran *en las dos primeras cuestiones* de la prueba, las que fundamentalmente averiguan la importancia que los alumnos dan a la planificación de sus acciones, muestran así la actitud de limitarse a la mención más escueta de procedimientos.

Las dos cuestiones que siguen, las que inspeccionan el significado que se da a conceptos, esquemas o procedimientos (que servirían a la introducción al Modelo actual), por lo general, no obtienen respuesta o parecen irreflexivas: (N) o (F).

Esta escasa disposición por relacionar, justificar o discernir, da poco margen para producir episodios en significación (S), o los que representan la referencia a un método (G), ni los de dar la consistencia con el mismo de toda actuación (I). Como era de esperar, en la prueba no se aprecian conocimientos todavía en los conceptos del nuevo Paradigma.

Los ejemplos que se extraen son las contestaciones a la prueba en una selección que responde a reflejar tres diferencias.

- La primera: la de los que se ciñen a la definición o relación escueta y más o menos afortunada.
- La segunda: la de los que además dan muestra alguna actitud por relacionar y justificar, parándose en algún detalle aunque no sea el oportuno.
- La tercera: la de los casos (bastante frecuentes) en los que las respuestas tienen poco sentido, parecen poco meditadas (F) o no se contestan (N).

Ejemplo en el tipo 1º de las respuestas de los alumnos a las cuestiones

1. El espacio, el tiempo, velocidad, aceleración, la fuerza, la posición, el desplazamiento, la trayectoria, el trabajo, la potencia. (D(F))
 - a) La *posición* es un vector cuyo origen se encuentra en el origen de coordenadas y
 - b) cuyo fin se encuentra en el lugar donde se sitúa dicho cuerpo. (D)
 - c) La *trayectoria* es una línea que une los extremos de los vectores de posición. (D)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- El *desplazamiento* es un vector cuyo origen se encuentra en el vector de posición inicial y cuyo extremo se encuentra en el vect. de posición final. (D)
- El *tiempo* es una unidad de medida que nos indica cuánto hemos tardado en realizar una cosa. D (F)
- La *fuerza* es una unidad que nos indica la intensidad con la que desplazamos un cuerpo. Fuerza es masa por aceleración. (D)
- El *trabajo* es el producto de la fuerza por el espacio. (D)
- La *potencia* es el cociente que resulta de dividir el trabajo entre el tiempo. (D)
- La *aceleración* es un aumento de la velocidad. (D)
- La velocidad nos indica el tiempo que se tarda en recorrer un espacio. (N)
2. La forma de explicar los fenómenos que tienen lugar en la naturaleza. (N)
3. a) Teoría
b) Ley
c)
d)
e)
4. a) Leyes: enunciado generalmente de carácter breve que afirma fenómenos de la naturaleza. (D)
b) Modelos: son el paso previo a la elaboración de una Ley.
c) c1) Referenciales, nos da una idea de lo que sucede con un sistema de referencia.
c2) Separación, estudia los fenómenos independientemente. (D (F))
c3) Simultaneidad, estudia los fenómenos que tienen lugar al mismo tiempo.
d) d1) Vector, estudia la posición de un móvil respecto a un sistema de referencia.
d2) Dimensionalidad. (D)
e) e1) Fuerzas.
e2) Gravitatorios, elásticos.
f) (N)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_p) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Ejemplo en el tipo 2º

1. - El estudio de los cuerpos en un espacio.
- El movimiento de los cuerpos... (I)
(Velocidad, aceleración, trabajo, potencia, fuerza, energía, tiempo, espacio, calor...). D(IF)
a, b, c) Todo cuerpo está situado en un espacio determinado que nosotros tomamos como referencia en el cual realizan un trabajo, poseen una potencia, utilizan una fuerza, todo esto viene determinado por sus definiciones las cuales derivan unas de otras. La fuerza de un desplazamiento y un tiempo y la potencia de una fuerza (D(G))
- El movimiento de los cuerpos, los cuerpos se mueven con una velocidad (s/t) una aceleración (v/t), etc.
c) Todo lo que se da en física presenta algún problema. Para mí lo más problemático es todas las fuerzas que corresponden al desplazamiento (rozamiento, tensión, etc.) aparte de un problema que desde lo más esencial, va todo en cadena hasta llegar a un resultado muy complejo. (D(F))
2. Resolver los porqués a todo lo relativo con los cuerpos en un espacio concreto.
La velocidad, la aceleración, la fuerza, el trabajo, la potencia, todos esos «objetos» nos facilitan información sobre el desplazamiento (rapidez) y situación de un cuerpo. (D(IF))
3. a) De fórmulas y definiciones (números y letras). (D(I))
b) Igual que en lo anterior se llega a una conclusión a través de un resultado numérico o de un razonamiento escrito habitualmente van unidos. (D)
c) Hay varias ramas: Dinámica, Cinemática..., cada cual estudia cosas concretas de la física pero que entre ellas guardan relación. (F)
4. a) Las leyes son los enunciados teóricos de los cuales nos ayudamos para llegar a la resolución de problemas claro está son enunciados demostrados. (D(F))
c) En física se necesitan unos modelos o patrones para medir el tiempo, la velocidad, etc. (F)
b1) En el espacio necesitamos unas referencias.
b2) Es distinto el estudio de dos objetos por separado o simultáneamente. (F)
d1) El vector da mucha información sobre un móvil en un eje de referencias (D(G))
d2) Todo vector tiene una posición en el espacio (ejes) y unas dimensiones, lo cual nos ofrece también unos datos (D(I))

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- e) La fuerza nos ayuda a saber si se realiza un trabajo, tensión, rozamiento, gravedad (F)
- f) Todo aquello que se dice haber observado hay que experimentarlo para cerciorarse de que es correcto (D(I))

Ejemplo en el tipo 3º

1. Algunos «objetos» cuyo estudio interesa a la Física son el movimiento, la velocidad, el tiempo, el espacio, la electricidad, la aceleración... (D)

Movimiento: cambio de posición de un objeto en un determinado tiempo. (D)

Velocidad: el espacio que recorre un objeto en un determinado tiempo. Su unidad es m/s^2 . (F)

Espacio: la posición de un objeto en un instante determinado. Su unidad es m. (Ñ)

Electricidad: energía que se utiliza en el consumo diario. (D)

Aceleración: cambio de velocidad. Su unidad es m/s^2 . (D)

2. El objetivo que persigue la Física es explicar estos «objetos» que se nos presentan a diario.
3. Se vale de fórmulas, demostraciones, leyes y teoremas. (F)

Utiliza como recursos...

Las ramas de la Física son la dinámica, la cinemática, etc. (F)

4. a) Las leyes explican las conclusiones a las que han llegado los físicos tras muchos estudios. (F)
- b) Los modelos demuestran las explicaciones que se han dado a un cierto interrogante que se haya planteado relacionado con cualquier materia que estudia la Física. (D)
 - c1) Los referenciales se necesitan para estudiar la posición.
 - c2) La separación. (N)
 - c3) La simultaneidad se necesita en el movimiento. (N)
 - d1) El vector se necesita también para la posición. (N)
 - d2) La dimensionalidad se necesita para estudiar lo referido a la posición. (D)
 - e1) La fuerza se necesita para estudiar el movimiento. (F)
 - e2) Las clases de fuerza en la naturaleza nos permiten obtener energía. (F)
- f) Declaración y experimental se utilizan para (N)
- g) Grupo de Transformación. (N)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

El contraste de la Prueba inicial con los episodios verbales de la fase de aprendizaje

Frente a este perfil de una mínima explicitación, se va a apreciar un cambio radical en la actitud por definir los procesos de construcción y aplicación del conocimiento. La evolución en los tipos se decanta hacia aquellos se involucran en la relación que entra hasta en lo más superfluo, señalando la aplicación de las metodologías que se hagan, o justificando actuaciones (S). Actitud de quien no obvia debatir, ni cuestionando la consistencia de cada término, exponiendo sus dificultades (F).

Un perfil que se revela bajo la *combinación* de tipos (S-F-O-D-I-G), (C) y (CC), el que pasados los primeros días de la instrucción -donde los nuevos principios y esquemas de la metodología se declaran y establecen-, se mantiene hasta el final del curso.

Los ejemplos muestran el énfasis que se pone ahora en negociar la utilidad de actuaciones: como las de combinar experiencia y declaración, que preceden al enunciado de las leyes del comportamiento.

- P. «¿Y las velocidades?».
- [M[F]] A. «Igual». ($M_a (F_a)$)
- [MSO] A. «Diferentes». ($M_a S_o$)
- P. «Y aunque diferentes, ¿nos permite saber quién se mueve?».
- [MS[CCO]] A. «No». ($M_a S_a (CC_o)$) *(9)
- P. «Pero podemos expresarlo de otra forma, ¿podemos medir respecto al vacío?».
- [M[FGO]] A. (Silencio). (Dudan). «No» ($M_a (F_b G_o)$)
- P. «Está claro: no; porque sería saber quién se mueve. Si no que sólo podemos determinar respecto a otro».
- [F] A. (No se oye bien). (F_o)
- P. «¿Objeto?».
- [MSO] A. «Sí». ($M_b S_o$) *(9)
- P. «El Segundo... En primer lugar vimos que el Primero se cumplía por dos cosas: primera, que los objetos materiales incorporan la velocidad de su...».
- [MS[I]] A. «Fuente». ($M_a S_b (I_a)$)
- P. «¿Y las ondas mecánicas?».
- [M[IG]] A. «No». ($M_b (I_a G_b)$)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- P. «No incorporan la velocidad de su fuente, pero sí la de...».
- [M[IG]] A. «La de su medio». ($M_a (I_a G_b)$) *(10)
 P. «Ahora vamos a la luz, ¿incorpora la velocidad de su fuente?».
- [M[FP]] A. (Silencio). «Sí». ($M_a (F_a) CC_d$)
 [M[I]] A. «No». ($M_a (I_a)$) *(5)
 P. «¿En qué quedamos? De acuerdo con las experiencias de... ¿os acordais?».
- [MS[I]] A. «Las estrellas dobles». ($M_a S_b (I_a)$)
 P. «Cree Einstein que la luz no...».
- [MDO[I]] A. «Incorpora la velocidad...». ($M_a S_o$) *(5)
 P. «Y otra experiencia».
- [M[I]] A. «Del sol». ($M_a I_a$)

Se observa, que frente a cuestiones conceptualmente similares de la P. Inicial, la actitud adoptada es muy distinta, G, I, M, S, D, se asocian y suceden.

Por ejemplo, frente a las dos primeras cuestiones, que averiguan sobre los objetivos generales, y aquellos recursos en la percepción, o la medida; los episodios verbales hacen explicitaciones del tipo: (I) o (G) muy diferentes en su abundancia y asociaciones con (S) o (F) por ejemplo, de las (D) o (F) simples de la prueba.

- P. «Vamos a revisar las estrategias a las que recurre la Física para lograr sus objetivos. ¿Recuerdan cuál era el objetivo de la Física?».
- [MG[C]] A. «La ecuación del movimiento». ($M_a (G_a C_a)$)
 P. «Lo que representa... concretamente conocer...».
- [MS[I]] A. «La situación...». ($M_a S_b (I_b)$)
 P. «Es decir, la posición...».
- [M[ID]] A. «Respecto del tiempo». ($M_a D_a (I_b)$)

En relación a las 2^a, 3^a y 4^a cuestiones que atienden el proceder analítico y/o los recursos y herramientas conceptuales necesarias al enunciado de las leyes, frente al mencionado perfil en (F), (D) escuetos y algún (I) de la prueba, la instrucción ha sido prolija en pormenorizaciones, incluso en lo más analítico, las que combinan tipos en (S), (G), (I) y (F) con la implicación (M) o ayuda (O).

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- P. «¿Qué es dx/dt ?».
- [MD[I]] A. «v». ($M_b D_b (I_b)$)
 P. «Se ha englobado en p el producto...».
- [M[I]] A. «Masa y v». (Se oye mal). ($M_a (I_o)$)
 P. «Si es la luz (señalo la otra velocidad, la que surge de dx/dt), es...».
- [MS[I]] A. «c». ($M_a S (I_b)$)
 P. «Así la integral de la energía será igual a $p \cdot c$, que es la de la energía radiante como la luz, o de las ondas electromagnéticas».

Que abundan en los procesos para medir.

- [MD] A. (Dictan). «Incremento de t es igual a uno partido por la raíz de uno menos...». ($M_a D_a$)
 P. «Así, si para uno pasan 5 con 5 y para otro 5 con 6...».
- [MS[FCC]] A. «¿La distancia hay que conocerla?». ($M_a S_b (F_b CC_c)$)
 P. «Claro, claro, dependen de ella, ahora t depende de la distancia, ¿y cómo medimos?».
- [M[DG]] A. «Restando el tiempo que tarda en llegar...». ($M_a (D_a G_b)$)
 P. «...la señal. Así se mide que el tiempo pasa realmente de forma distinta. Y se puede medir (en ejemplo) como incógnita la distancia (reloj de luz)».

O incluso entran en la descripción de la situación experimental o en la que representa establecer las relaciones analíticas.

Como el ejemplo en el que se centra en los procedimientos para medir:

(Se recuerda que la medida de tiempos es un fenómeno que «se ve», mediante señales).

- [M[I]] A. «La posición de las agujas». ($M_a I_a$)
 P. «Ahora aplicamos un proceso (un procedimiento) de medida». (Se dibuja una barra, de la que se va a medir su longitud, en S).
 P. «Y pasa S' por delante, ¿por qué en S' será el tiempo propio?».
- [MS[ICC]] A. «Es un único reloj». ($M_a S_a (I_a CC_a)$) *(8)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- P. «¿Podemos afirmar que éste se mueve? (Señalo S)». *(9)
- [M[G]] A. «No». (Comentan, hablan). ($M_b (G_c)$) *(9)
- [M[G]] A. «...que S' es el que se desplaza». ($M_a (G_a)$) *(9)
- P. «Justamente, que es S' el que se desplaza en sentido contrario».
- P. «¿Cómo mediré entonces?: Cuando pasa delante del reloj (de S')... el extremo A son (por ejemplo las 5), y cuando pasa el extremo B, ¿qué tiempo medirá el reloj?».
- [MS[G]] A. «Pues, las cinco más lo que dé la longitud de la barra». ($M_a S_a (G_b)$)

Finalmente incluso se plantea el debate de cuestiones cuando se tratan los nuevos conceptos:

- P. «No, no es eso, eso no cambia la hora: voy y vengo, ¿he sincronizado?».
- [M] A. «No». (M_b)
- A. «No».
- P. «¿Qué pasa...? Me alejo».
- [M[F]] A. (Hablan, discuten). ($M_b (F_b)$)
- P. «Me muevo..., ¿qué le pasa a mi reloj?».
- [MS[CC]] A. «Retrasa». ($M_a S_b (CC_a)$)
- [MO[CC]] A. «Más pequeño». ($M_a D_b (CC_c)$)
- [MD[I]] A. «m partido por raíz de $1-v^2$ dividido por c^2 ». (Dictan muchos; no se oye si dicen sub-cero o prima). ($M_a D_b (I_a)$)
- P. «Relación importante que entra en juego en la resolución de problemas y entre sistemas».
- [MS[FCC]] A. «¿Cómo se distingue la masa en movimiento de la del..., esa misma en el sistema en reposo?». ($M_a S_a (F_b CC_a)$)
- A. «En la relación entre masa en movimiento y la del sistema...». ($M_a S_b$)
- P. «Es un concepto relativo». (Muestro el dibujo de dos sistemas S y S' y en S' está situada la masa m'). «Esta es una masa que en uno es la masa m' en su sistema ».
- [M] A. (Silencio; comentan, ríen). (M_b)
- [M[F]] A. «¿Para quién?». ($M_a (F_b)$) *(12)

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_b) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- P. (Además, he dibujado con M la masa del sistema S). «Sí, ese es el problema para mí (que soy S')».
- [MS[I]] A. «m'». ($M_a S_b (I_a)$)
- P. «Eso es..., y la llamamos m_0 ». *(13)
- P. «¿Y para S?».
- [MS[CC]] A. «m». ($M_b S_b (CC_b)$)

4.3.4.2. Prueba de evaluación

El mismo ejercicio en la comparación de los tipos, se realiza ahora con los datos escritos de las pruebas de evaluación. Se toman como muestra las realizadas los días 4 y 5 de Diciembre de 2000 (con cierta atención a los contenidos de la Física en el Modelo relativista).

El perfil en las categorías y subcategorías que ahora en estas pruebas se produce es, asimismo diferente al de las dos anteriores. En general son frecuentes en ellas las asociaciones (S-D-F-C) o (CC); el porcentaje de tipos (I) y (G) desciende respecto de los datos verbales, aunque es mucho mayor que en la fase inicial. El planteamiento para las pruebas es como el que sigue:

1^{er} examen

1. ¿Qué papel juega el concepto de fuerza, o concretamente las gravitatorias y eléctricas, en el Método general que emplea la Física, en el logro de sus objetivos?
2. Un satélite artificial de masa 500 kgs. describe una órbita circular de 9.000 kms. de radio en torno a la Tierra. En un momento dado, un investigador decide variar su radio órbita, comunicándole un impulso tangente a su trayectoria antigua. Si el radio de la nueva órbita es de 13.000 kms., calcule:
 - a) Velocidad orbital del satélite de cada órbita.
 - b) Qué energía se habrá gastado para llevarlo a la nueva órbita.
3. Un satélite artificial de la Tierra orbita describiendo una elipse. El punto A de la

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_0) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

órbita que está más alejado del centro O terrestre se denomina apogeo; el perigeo P es el punto más próximo.

- a) Demostrar que el momento angular del satélite con respecto a O es constante.
 - b) Usando la constancia de ese momento angular, demostrar que $OA \cdot v(A) = OP \cdot v(P)$, donde $v(A)$ y $v(P)$ son las velocidades del satélite en A y P, respectivamente. ¿Tiene que ver con la Ley de las Áreas? ¿De qué manera?
4. La distancia de Marte al Sol es de 1,5237 veces más grande que la distancia del Sol a la Tierra. Calcula la duración del año en Marte, dándolo finalmente en días. Justifica las expresiones que emplees.
 5. La intensidad de un campo de fuerzas no uniformes varía según la expresión: $E = x^3 - 3x^2$ (S.I.). Calcula la diferencia de potencial entre dos puntos A y B de ese campo definidos por las coordenadas $X_A = 0$, $X_B = 2$ m.
 6. Una partícula de masa 2 kgs. posee una velocidad $v = 2i - 5j$ m/s cuando se encuentra situada en el punto $r(2, 3, 1)$ m. Calcular su momento angular respecto al origen de coordenadas.

2º examen (con la mitad de contenido en el Modelo Relativista)

1. Bases de la Relatividad Especial.
2. Equivalencia masa-energía. Justifica si son equivalentes y/o cuál es más correcta:
 - a) Un objeto tiene una masa...
 - b) Para un objeto se mide una masa...
3. Un acelerador de protones es capaz de comunicar a cada protón una energía (total) de 10^{-9} J. Si la masa en reposo del protón es de $1,67 \cdot 10^{-27}$ kgs. Calcula:
 - a) ¿Por qué factor aumenta la masa de tales protones?
 - b) La energía cinética y el momento lineal de cada protón.
4. Una carga puntual de 10^{-9} C está situada en el origen de coordenadas de un sistema cartesiano y en el vacío. Otra carga, puntual, de $-20 \cdot 10^{-9}$ C está situada en el eje Y a 3 m. del origen. Calcula:
 - a) El valor del potencial eléctrico en un punto A situado en el eje X a 4 m. del origen.
 - b) El campo eléctrico en dicho punto. Haz un esquema.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

- c) El trabajo realizado para llevar una carga puntual de 1 C desde el punto A a otro B de coordenadas (4,3 m).
5. a) Concepto de campo conservativo. ¿Lo es el gravitatorio? Haz una demostración del aserto.
- b) Conceptos de potencial, energía potencial, superficies equipotenciales y su relación razonada con las líneas de campo.
6. Desde la proa de una nave espacial que se aleja de la Tierra con una velocidad de 0,6 c, se lanza un cohete con una velocidad de 0,9 c. ¿Qué velocidad tiene el cohete respecto a Tierra?

Las contestaciones a estas cuestiones muestran en general, que *el bagaje de tipos (I) y (G) desciende frente a la fase instruccional*, es decir, aquellos tipos que representan detenerse a justificar, o debatir sobre lo que se hace; en realidad un comportamiento, con asociaciones (S-D-C-F), acorde con las características de la muestra y perfil de estas pruebas, que es el de mostrar el uso más o menos fértil y justificado de lo aprendido, que finalmente llega a resolución consecuentemente con su objetivo, que es la medida de capacitación. Las diferencias se ven sobre todo en las respuestas a cuestiones semejantes en la instrucción (datos grabados) y en las pruebas; problemas como el de poner un cuerpo en órbita, o los procedimientos en tratar los sistemas continuos bajo variables que representa el cálculo infinitesimal..., casos del M. Clásico (C).

Los siguientes ejemplos verbales grabados que se citan de la fase de instrucción, muestran esa disposición que deviene en más tipos (I) o (G), en comparación con las pruebas escritas:

- Ejemplo 1º. Martes 21 de Octubre de 2000: episodios del 14 al 28: pormenorizan en la utilidad al caso de cada fórmula o parámetro:
- Ejemplo 2º: Jueves 2 de Noviembre de 2000: episodios del 1 al 35: se discute cada aplicación haciendo mención del «por qué» y «cómo» de las metodologías.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Los ejemplos del comportamiento en las pruebas escritas:

En estas pruebas de evaluación, los tipos se centran sobre todo en la relación analítica (D-S-C), definiciones, errores y tachaduras dan fe del debate interior que parece existe asociaciones (I, G, S, F) o simplemente (F).

Los ejemplos que ahora se extraen de las pruebas, bajo la transcripción lo más literal posible de las respuestas (los esquemas o dibujos se describen con un texto entre doble paréntesis), se ve que se configuran principalmente en ese perfil de asociaciones (S-D-C-F) o (CC), mencionado en el que prima la resolución de caso, y la mayor o menor alusión a los pasos que se dan, procede de asignaciones a valores o ecuaciones, o alguna muy esporádica explicación de los recursos empleados..., lo que se registra como (I), y (G).

Ejemplo 1º

((Esquema de la Tierra y el satélite señalando los dos radios de las órbitas)).

$$a) \quad v_{11} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{9 \cdot 10^6}} = 6,1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s} \quad (\text{D(I)})$$

$$v_{21} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{13 \cdot 10^6}} = 5,1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s} \quad (\text{S(C)})$$

$$b) \quad w_{21} = \int_{10^6}^{13 \cdot 10^6} F \cdot dr = \int_{9 \cdot 10^6}^{13 \cdot 10^6} G \cdot \frac{M_T \cdot m}{r^2} \cdot dr = G \cdot M_T \cdot m \int_{9 \cdot 10^6}^{13 \cdot 10^6} \frac{1}{r^2} =$$

$$6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot 500 \cdot \left[\frac{-1}{r} \right]_{9 \cdot 10^6}^{13 \cdot 10^6} = \quad (\text{SD(IG)})$$

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_p) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Ejemplo 2º

Un ejemplo de cómo el conflicto sirve a la actitud de significar y analizar la situación, describiendo los pasos:

Lo mismo con el otro

$$r_{\text{órbita}} = 13000 + 6400 = 19400 \text{ km.}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad v = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6400^3}{3600 \cdot 24 \cdot 365} \cdot \frac{4\pi^2}{6,67 \cdot 10^{-11}}}{19400}} \quad (\text{D(I)})$$

Energía que se habrá gastado.

$$z = \frac{1}{2} m \quad \frac{GM}{\delta} - \frac{1}{2} mv^2 \quad \text{de la Tierra} \quad \frac{2\pi}{365 \text{ días}} \quad (\text{S(IF)})$$

$$v^2 \rightarrow \text{donde} \quad v = \frac{GM}{r} \quad (\text{D})$$

hay que restar la energía que cuesta ponerlo en la nueva órbita - la energía con la que ayuda la Tierra a ponerle en órbita al cuerpo.

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \cdot 500 \cdot 10^3 \cdot \frac{6,67 \cdot 10^{-11} M_T}{r = 19400} - \frac{1}{2} \cdot 500 \cdot 10^3 \cdot \frac{2\pi r}{365 \cdot 3600 \cdot 24} \quad (\text{SD(G)})$$

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M.) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

pero como sólo lo hemos desplazado

$$19400-15000= 4000 \text{ km incremento de } r$$

Y lo que dé es la Energía que nos ha costado poner el cuerpo en una nueva órbita. (D(F))

Así la explicitación más común es la de constatar los pasos analíticos; y un debate que se manifiesta en las rectificaciones, errores o asignaciones.

$$\begin{aligned} W &= -E \\ W_{1 \rightarrow 2} &= -\Delta Ep = -[Ep_1 - Ep_2] = -\left[-\frac{4Mm}{r_2} + 4\frac{Mm}{r_1}\right] = -\left[4\frac{Mm}{r_1} - 4\frac{Mm}{r_2}\right] = \\ &= -4Mm\left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right] = -6,67 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1,04 \cdot 10^{12} \cdot M^2}{52 \cdot 5600 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11}} \cdot 500 \text{ kg} \left[\frac{1}{9000} - \frac{1}{13000}\right] \end{aligned}$$

(D(IC))

Ejemplo 3º

$$\begin{aligned} E &= x^3 - 3x^2 \\ V_B - V_A &= \int_0^2 \vec{E} = \frac{1x^4}{4} - \frac{3x^3}{3} \Big|_0^2 = 0 - \left(\frac{16}{4} - \frac{24}{3}\right) = 0 - 4 + 8 = 4 \quad (\text{SD(CF)}) \end{aligned}$$

Lo que domina es el tipo (D): que representa la aplicación escueta o la resolución analítica, combinado -no obstante- con diferentes modos que representan significar: bajo la duda, el conflicto, a veces tenuemente la referencia, y el análisis.

Ejemplos de cómo los tipos (S-D-C) prevalecen incluso en lo más teórico, son:

1º

Según la tercera ley de Kepler, existe siempre una relación: dados dos planetas cualquiera, entre los cuadrados de los períodos de revolución de cada planeta (tiempo que tardan en recorrer su órbita

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_p) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

alrededor del sol), que es igual a la relación entre los cubos de los radios que unen cada planeta con el sol. Matemáticamente se expresa de la siguiente manera: (D)

$$T_1^2/T_2^2 = R_1^3/R_2^3$$

R_T = distancia del Sol a la Tierra = $1,5 \cdot 10^{11}$ m

R_M = distancia de Marte al Sol

T_T = período de Revolución de la Tierra = 365 días

T_M = período de Revolución de Marte (año marciano) (D(C))

2°

((Dibujo elipse y los puntos de velocidades $V_{(A)}$ y $V_{(P)}$))

$L = \text{cte.}$

Segunda Ley de Kepler.

Según la ley de las áreas, los radiovectores de los planetas con la Tierra recorren áreas iguales en tiempos iguales, es decir: $dA/dt = \text{cte.}$ La velocidad areolar al ser $L = \text{cte.}$ define esta velocidad areolar como $L_0 \cdot 1/2m$. (D(GC))

Como $OA \cdot v(A) = OP \cdot v(P)$, entonces $v(A) < v(B)$ porque OA es de mayor longitud que OP , recorriendo áreas iguales en tiempos iguales. (S(I))

3°

vel = 0,6c nave

vel = 0,9 c cohete

El cohete respecto a tierra tendrá como es lógico una vel. distinta de la que tiene con respecto a la nave. (S(I))

Sabiendo que la nave será v' ya que es el tiempo. Según las ecuaciones de Lorentz, la v' sería

$$u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \frac{v}{c^2} \cdot u_x}$$

donde conocemos todos los datos. (S(ICCG))

((Dibujo de la Tierra en un sistema S, en su superficie otro S', donde se dibuja un cohete con la indicación de 0,6c, y otro sistema S'' al lado, con un proyectil (flecha), con la indicación 0,9c)).

Sabiendo que el cohete ha sido tirado desde la nave que tenía respecto a Tierra una vel. de 0,6c, sólo hay que despejar en la ecuación de Lorentz ya que como son vel. cercanas a la luz, tenemos que utilizar las que derivan de su transformación. (S(GICC))

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M.) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

$$u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \frac{v^2}{c^2} \cdot v_x}$$

$$u'_x = \frac{0,9c - 0,6c}{1 - \frac{0,6c^2}{c^2} \cdot 0,9c} = \frac{0,3c}{1 - 0,6c \cdot 0,9c} \quad (\text{D(CC)})$$

Finalmente, los ejemplos en tipos bajo la unidad Cd: persistencia de conceptos, aunque con menor frecuencia se producen también en los contenidos en el P. Clásico de las pruebas y que finalmente se optó por categorizar como F.

Un ejemplo:

$$E = x^2(x - 3) \quad x_A = 0$$

$$\text{Diferencia de potencial} = V_B - V_A \quad E = 0$$

$$W = -\Delta Ep \quad V = \frac{Ep}{m}(D)$$

$$X_B = 2$$

$$E = 2^3 - 3 \cdot 2^2 = 8 - 12 = -4 \quad (\text{D(F)})$$

$$X_A = 0$$

$$X_B = -4$$

$$X_B - X_A = -4 - 0 = -4$$

Conclusiones que se extraen:

Los datos en estas pruebas son exponente de los tipos que reflejan una actitud por combinar estrategias aprendidas a la aplicación a cada caso, y cierta, aunque escasa

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

disposición por negociar recursos generales, lo que como perfil se contextualiza en (S-D-F-C) o (CC), y algún (I) o (G).

Frente al proceso instruccional, ahora la combinación más común es (D-C) o (CC) y algún (S), muestra del interés por justificar, pero poniendo el acento en la resolución (D); (F) o (P) también se dan y son exponentes de cierto conflicto que dada la presencia de (S) y del tipo (I) que se aprecia en las breves alusiones, son sobre todo indicio de acomodación.

Todo este perfil es sin embargo, como ya se ha dicho, consecuente con la estructura de la prueba que no concede tiempo a la divagación, y sí pone el énfasis en la resolución como medida de las capacitaciones adquiridas, y que es pilar de la evaluación.

Este descenso en los tipos (I) y (G) -sobre todo de (I)- es acorde con los objetivos educacionales. En la instrucción casi todas las intervenciones tanto las más espontáneas, como aquellas más dirigidas (O), se constituían en (I), o (G), es decir, entraban en el detalle o la relación, se hacía alusión constante a los principios de la Metodología (G), perfil que se hipotetiza es imprescindible para la enseñanza significativa.

En las pruebas de evaluación, estos mismos tipos que tienen aparición esporádica se aprecian «latentes», bajo acciones como las que justifican los recursos, mencionan leyes o axiomas, se describen procesos en dibujos, gráficos..., o los pasos analíticos; lo justo al objetivo de mostrar la «medida» en la adquisición de cierta capacitación mínima, y acorde con fines propedéuticos determinados.

Un primer ejemplo centra las explicaciones (I), citando las fuentes experimentales:

$$E = 10^{-21} J$$

$$m_0 = 1,67 \cdot 10^{-29} V_s \quad (D(ICC))$$

El acelerador de protones incrementa la velocidad de estas partículas y es este factor (la velocidad) el que hace que incremente la masa.

Este otro se detiene en la descripción y referencia [(I) o (G)], de los pilares analíticos, de una cuestión teórica.

$$OA \cdot v(A) = OP \cdot v(P)$$

Al ser $L = \text{cte.}$, v es cte.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

El planeta con v cte. recorre áreas iguales en tiempos iguales. El área es un sector circular que se puede considerar un triángulo. Por tanto: (S(I))

$$dA = \frac{1}{2} \left[\vec{r} \ 1d \ \vec{r} \right] = \frac{1}{2} [r \cdot dr \operatorname{sen} \alpha] \quad dr = v \cdot dt$$

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} \cdot \frac{r \cdot v \cdot dt \cdot \operatorname{sen} \alpha}{dt} = \frac{1}{2} r \cdot v \cdot \operatorname{sen} \alpha \quad (\text{S(GIC)})$$

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1 \cdot r \cdot v \cdot \operatorname{sen} \alpha \cdot m}{m} = \frac{L}{2m} = \text{cte.}$$

L y m es cte.

Luego $dA/dt =$ velocidad areolar = cte.

Sí tiene que ver con la Ley de las áreas. (D(GC))

Se citan los elementos conceptuales en un proceso analítico:

Un campo conservativo es aquel en que el trabajo no varía por la trayectoria, depende del punto de partida y de llegada. El campo gravitatorio es conservativo. Por ejemplo: (S(I)) (D)

((Dibujo de ejes con una carga en el origen y un punto B, a la distancia r del mismo y coordenadas 4,3)). (I)

Y se sigue ilustrando con un ejemplo numérico las líneas de razonamiento en (I) o (G), que describen el significado de una definición.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

$$\begin{aligned}
 W_{AB} &= \int_A^B E \cdot dr = -k \cdot q \cdot \int_A^B \frac{1}{r^2} \cdot dr = \\
 &= 9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot \left[-\frac{1}{r} \right]_A^B = -9 \cdot 10^9 \cdot \left[-\frac{1}{5} - 0 \right] = +\frac{9 \cdot 10^9}{5} J \\
 U_{BA} &= \int_B^A -F \cdot dr = -k \cdot q \cdot \int_B^A \frac{1}{r^2} \cdot dr = \quad \text{(S(GC))} \\
 &= -9 \cdot 10^9 \cdot \left[-\frac{1}{r} \right]_B^A = -9 \cdot 10^9 \left[0 - \left(-\frac{1}{5} \right) \right] = +\frac{9 \cdot 10^9}{5} J
 \end{aligned}$$

Y aunque disminuye la actitud por redefinir, justificar o detallar: tipos (S, I y G), la instrucción basada en esos momentos que se advierte está presente informando estas pruebas escritas; lo que se aprecia en la correspondencia, y que se señala entre episodios, y que se ilustra como (* (1), * (2)...).

Los ejemplos extraídos de la instrucción, en que se aprecian las diferencias expuestas, ante temas de aprendizaje de similar contenido se pueden señalar, como por ejemplo:

El primero, aprecia el valor dado al análisis, en este caso en lo experimental, como paso previo a los enunciados: «Episodios grabados (del 61 al 69): Jueves 23 de Noviembre de 2000». El segundo, asimismo, muestra el énfasis en pormenorizar la descripción de la situación, y de los conceptos: «Episodios grabados (del 1 al 8): Miércoles 29 de Noviembre de 2000». Un tercer ejemplo advierte de la negociación a que se somete cada idea nueva que se presenta, o cada elemento para la aplicación, donde el debate no se elude: «Episodios grabados (del 42 al 69): Martes 21 de Noviembre de 2000».

En los ejemplos que siguen, se aprecia la misma actitud por entrar en los detalles; tanto si se hace un desarrollo analítico, como si se procede a la declaración de axiomas, o de describir los pasos en la constatación empírica que los acompaña: «Episodios grabados (del 9 al 16): Martes 28 de Noviembre de 2000», donde se pomenoriza en la aplicación más analítica. «Episodios grabados (del 13 al 15): Lunes 20 de Noviembre de 2000», aquí se enfatiza en la interpretación de los nuevos conceptos. «Episodios grabados (del 1 al 5): Martes 21 de Noviembre de 2000», se sigue en la misma actitud por precisar sobre la

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M₀) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

interpretación de los postulados que sustentan los cambios conceptuales. «Episodios grabados (del 1 al 7): Lunes 27 de Noviembre de 2000», ahora el énfasis se aprecia en los pasos que sustentan la constatación empírica. «Episodios grabados (del 14 al 25): 28 de Noviembre de 2000», muestran el mismo interés ahora por relacionar la verificación más instrumental o empírica con los procedimientos analíticos. «Episodios grabados (del 27 al 44): Jueves 23 de Noviembre de 2000», en él se sigue en mostrar el interés que suscita la pormenorización más analítica. «Episodios grabados (del 9 al 14): Miércoles 29 de Noviembre de 2000», son exponentes de la negociación a que se someten las aplicaciones a los casos de resolución. Y en esa misma línea: «Episodios grabados (del 37 al 40): Miércoles 29 de Noviembre de 2000».

Resumen:

Este comportamiento en los exámenes, en el que los recursos relacionados con las variables de la pedagogía, aunque presentes disminuyen, es acorde sin embargo con los planes del diseño curricular, que en relación a los procesos de evaluación, distingue entre lo necesario al ámbito de la instrucción, y lo que se consideran elementos evaluables; los alumnos además, sí son conscientes de esa diferencia, y seleccionan lo que les parece es objeto de medida de la capacitación frente a todos aquello que han utilizado en el aprendizaje. De hecho, y como se puede observar, cada alumno selecciona episodios diferentes en sus explicaciones.

Tampoco la estructura de las pruebas da lugar a las copiosas explicitaciones (inclusores (I): analíticos o descriptivos) que abundaban en el proceso educacional.

La valoración de las pruebas de evaluación escritas frente a la Prueba Inicial

Muy contrariamente a las breves definiciones de la P.I., ahora la actitud en las pruebas escritas sin embargo ha evolucionado a una mayor explicitación. El siguiente ejemplo muestra cómo se hace alusión aunque sea escueta, a una diversidad de elementos que conforman las variables pedagógicas, así se alude a los orígenes de los conceptos «...efectos que sobre los objetos...»; o que el estudio de parámetros obedece a su papel en un plan: «...uno de los objetivos de la Física»; se hace referencia a que todo se trata desde los recursos que es posible arbitrar: aspecto fundamental del Método: «para ello se utilizan unos recursos como la elección de referenciales...»; o no se obvia su carácter, por ejemplo «que se eligen arbitrariamente»; se mencionan recursos de origen diferente: «por medio de

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_g) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

la experimentación», «se enuncian leyes...»; por último no se pasan por alto las peculiares formas de tratar las magnitudes, como la distinción entre magnitud fundamental y derivada: «...son elegidas de forma arbitraria». Todas ellas especificaciones de carácter (I) y (G). La mención luego podrá tener un mayor o menor acierto.

El ejemplo. Alumno:

1. El concepto de fuerza fue tratado por primera vez, en profundidad, por Newton, lo cual le llevó a enunciar las tres leyes de la dinámica, todas ellas relativas a los efectos que sobre los objetos producen las fuerzas (D(I)). Las fuerzas se tratan pues, de uno de los objetivos de la física, y su estudio se lleva a cabo por medio del método experimental (D(G)). Para ello se utilizan unos recursos, como la elección de referenciales o la cuantificación (S(I)). Además, la fuerza se trata de un parámetro vectorial, al ser derivado de la posición (D(G)), la cual es tridimensional y requiere de la invención de los vectores para su utilización (D(I)).

Así, por medio de la experimentación, se enuncian las leyes que afectan a las fuerzas. En cuanto a su cuantificación, al tratarse de una magnitud derivada, su medida vendrá dada en virtud de las magnitudes fundamentales, que finalmente son elegidas de forma arbitraria (D(GIC)).

Frente a la Prueba Inicial, ahora las de evaluación parecen dar las diferencias en el talante que concuerda con la filosofía del enfoque, pasando de la simple mención del recurso que se aprecie útil, a implicarse en el rigor de explicar o justificar un método. La diferencia en tipos, ahora asociaciones (S-F-D) y algún (I) o (G) frente a los (D) o (F) simples, de dicha Prueba parecen apoyar esta idea. También es patente el muy similar perfil ahora en significación y destreza entre los contenidos que más generales preparan a los cambios conceptuales y los clásicos, así frente a cuestiones semejantes de la P.I. Son ejemplos de esta evolución:

Alumnos:

Su *objetivo* es conocer la ecuación de movimiento, es decir, la posición de los sucesos en cada momento, y en ello interviene la fuerza (D(G)), que hace que el movimiento se acelere. La fuerza gravitatoria y eléctrica son fuerzas de atracción entre los cuerpos que definen cómo son sus movimientos en diversas condiciones. (D(F))

La F. gravitatoria es una fuerza de atracción entre los centros de masas de los cuerpos, y la F. eléctrica entre cargas. (D(I))

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Interviene sobre todo en el principio de conservación, ya que la son interacciones que se aplican a sistemas. Son los que producen el movimiento y la ecuación del movimiento, uno de los *objetivos* de la física (D(GI)). Y con el principio de conservación tiene que ver porque esta energía no se pierde, se transforma. (D(G))

1. El *objetivo* de la Física es el estudio de los sucesos, cómo se mueven, para ello utiliza una serie de parámetros como la fuerza para poder formular la Ecuación del movimiento. Para ello, se basa en una serie de leyes, generalmente las tres leyes de Newton. Las fuerzas gravitatoria y eléctricas son dos fuerzas fundamentales de la naturaleza junto con la fuerza nuclear fuerte y la fuerza nuclear débil. (D(IC))

Análisis particular los cambios conceptuales en la prueba de evaluación

Los conocimientos adquiridos que implican además un cambio en los esquemas conceptuales son analizados ahora bajo las pruebas del proceso de evaluación.

Los contenidos específicos en dicho campo se plantean en la prueba bajo las cuestiones 1ª y 2ª, y los problemas 3º y 6º del segundo examen.

Los cambios conceptuales más profundos (CC) en esta fase se aprecia que se combinan con otras formas, las que representan la duda, o el debate interior (F) o (P), la significación (S), o la destreza resolutiva (D), lo que parece indicio de aprendizaje fértil. Frente a la instrucción, la firmeza en actuar con desenvoltura (sin temor a error) es tímida también, como en los otros campos, más bien se opta por la aplicación analítica más directa (D), que elude comprometerse en justificaciones.

Esta prueba advierte además cómo los cambios conceptuales presentan dificultad de acomodación, y son frecuentes las muestras en considerar soluciones basadas en los viejos conceptos y esquemas, que afloran y se mezclan con los nuevos, dando tipos (P), pero que el alumno mismo muchas veces rectifica: (S).

La actitud por referir, o justificar (I) o (G), de acuerdo con las limitaciones de la prueba se manifiesta como anteriormente, en breves, y más bien esporádicas reseñas, o en lo que se yerra o se tacha. Lo que se aprecia es un comportamiento en la secuencia de las actuaciones y modo de arbitrar recursos, muy similar a la del ambiente «patrón».

Ahora, por el interés que puede tener mostrar la actitud y aprendizaje en los nuevos conceptos, se procede a una amplia muestra de ejemplos que recogen el tratamiento dado a los cambios conceptuales (CC).

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Los primeros que se eligen, muestran la forma de expresar los asuntos más teóricos del tema:

1^{er} ejemplo. En él se hace una simple alusión a los principios más generales (G), mostrando la importancia que en este caso los alumnos dan a la evidencia experimental con que en su día se ilustró el tema. Una mezcla de conflicto y significación es patente (S-F) pero sobre todo la síntesis en la explicitación, que se decanta luego por resolución simple: (D)

1. La relatividad espacial se basa en que en el espacio todo es relativo según el punto de referencia que escojamos. Así nunca logramos saber quién se mueve respecto a quién, si podemos conocer el módulo de la velocidad, pero no dibujarla. (D(GFCC))

2. Según la experiencia de Einstein, en la que se hace pasar una línea de e^- por una pantalla a la que se va sumando e^+ y se va marcando el tiempo que tarda en salir y entrar (desviar la línea de e^-) (D(I)). Se comprueba que llegada una velocidad inferior a C, deja de aumentar, y se convierte en masa. (S(ICCF))

Así se hacen chocar dos protones, no se puede y se desvía, pero expulsando dos mesones (un par, uno positivo y otro negativo). (D(I))

2^o ejemplo. En él se aprecia la atención dada a los procesos analíticos (D), que en algún caso conducen a las dependencias entre parámetros, proporcionando algún tipo en (I) o (G).

Se basó en un principio en el principio de relatividad de Galileo, después se basa y actualmente continúa en los principios de conservación. (D)

1^o No se puede determinar qué objeto está en movimiento, sólo se puede determinar quién se mueve respecto a un sistema de referencia. *(3)

2^o La velocidad de la luz no varía, es constante.

$$-dE = F \cdot ds$$

$$F = \frac{dp}{dE}$$

*(2) (SD(IGCC))

$$dE = \frac{dp}{dt} \cdot ds = v \cdot dp$$

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

$$EdE = p \cdot c^2 dp \quad (D)$$

Integrando:

$$\frac{1}{2} E^2 = \frac{1}{2} p^2 c^2 + \frac{cte}{2}$$

$$cte \leq E_0$$

$$E_0 = E \quad \text{para } p=0 \quad (\text{en reposo})$$

$$E^2 = p^2 \cdot c^2 + E_0$$

Sustituyendo y despejando:

$$E = \frac{E_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (\text{S(GICC)})$$

Con la masa es simultáneo:

$$M = \frac{M_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (\text{SD(CC)}) \quad *(3)$$

b) Está mejor expresada la expresión: para un objeto se mide una masa... S(ICC) ya que la masa no es constante varía y por lo tanto se mide, no es propia de un objeto.

3^{er} ejemplo. Como en el primero, hay cierto énfasis en destacar los principios fundamentales del Modelo (G), hay mención de las principales experiencias que lo sustentan (I) así como de las consecuencias importantes del mismo, tales como las relaciones de los grupos de transformación, o la adición de parámetros (S). Se ve una síntesis que el alumno hace del proceso de elaboración de la instrucción, con muchas alusiones a recursos muy diversos que se aprecia subyacen.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M₀) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

1. Bases de la relatividad espacial.

Las primeras bases para empezar a crear esta teoría, crear la relatividad, fue a partir de las ecuaciones de adición de Galileo que se cumplen por vel. muy pequeñas pero no para vel. cercanas a la de la luz (D(I)). Le siguió Newton ya que como no sabía cómo se desplazaba la luz, si por ondas (C)..., ya que no cumplía prácticamente ninguna de las teorías aplicadas hasta el momento (S(G)). Para su estudio se creó un ambiente donde se desplazase la luz con características muy especiales, el éter (D(I)). Con la experiencia de Morley se sentará una de las principales bases: la vel. de la luz no depende del foco y no se adiciona a ninguna otra vel. siempre es constante * (4) (D(CC)). Lorentz transforma las ecuaciones de Galileo (G). Y por último, Einstein fue el precursor de la física que sentó definitivamente las bases de la Física relativista. Autor de la teoría de la relatividad.

Esta teoría contempla que la vel. de la luz es siempre constante. (D)

Que no se llega nunca a superar la vel. de la luz (excepción, se ha demostrado que el eje de unas tijeras en condiciones especiales puede llegar a superar c). Existe la velocidad límite. *(5) (D(ICC))

La adición de vel. de Galileo no se cumple para velocidades cercanas a la de la luz pero sí para vel. pequeñas. *(16) *(18) (D(G))

4º ejemplo. De similar corte al anterior, aprecia lo más importante de los Postulados y sus consecuencias, en él se ve además el conflicto que aún supone la exposición de los nuevos conceptos.

La relatividad se basa en dos postulados:

1. El movimiento es relativo. Nos movemos respecto a «algo» (S) elegido arbitrariamente. Es el principio de la relatividad de Galileo. (D(G))

2. La velocidad de la luz es independiente (o constante) del medio o del foco. *(5) (D(I))

a) La velocidad del protón no puede aumentar porque no puede tener más velocidad que la de la luz *(6), entonces aumenta su masa. La energía suministrada al acelerador de protones se transforma en masa. (D(CC))

En movimiento se tiene más masa que en reposo. (CC(F))

5º ejemplo. Que abunda en lo anteriormente expuesto.

1º Las bases de la Relatividad se argumentan en los dos principales postulados de la misma, y que son:

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_p) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

1. Entre dos sistemas inerciales (u objetos o cuerpos) en movimiento relativo entre sí (S), no existe ninguna experiencia física que nos permita asegurar cuál de los dos es que se mueve. (D(GCC))

2. La velocidad de la luz es constante, sea cual sea el sistema de referencia desde que se considere. Asimismo, la velocidad de la luz es la máxima posible en nuestro Universo. * (7) (D(CCI))

Todo esto lleva a concluir que para la Relatividad, al contrario que ocurría con la física clásica, los parámetros de masa * (8), longitud * (3), tiempo ya no son constantes(S(CCF)); además hay que considerar (D(CC)) un Universo tetradimensional, con la existencia de un continuo espacio-tiempo.

6º ejemplo.

1º En la relatividad hay 2 Postulados importantes:

1. El de Galileo que luego le tomó Einstein para sus demostraciones que dice (D(G)): que un cuerpo se mueve respecto a un punto tomado arbitrariamente pero cuando hay dos objetos en movimiento no podemos saber cuál de los dos es el que se mueve. * (9) (S(I))

2. Ningún objeto puede tener mayor velocidad que la de la luz (c). Este incluye la velocidad del medio pero no la del propulsor. * (10) (D(ICC)F)

Los ejemplos que siguen aprecian el talante en la resolución de casos. Que va desde la aplicación fértil más esquemática, a los procesos que muestran el debate, como duda o conflicto, y la persistencia en los viejos conceptos que a veces se rectifican.

1er ejemplo.

$$E = E_0 + E_c = 10^{-9} J$$

$$m_0 = 1,67 \cdot 10^{-27} Kg$$

$$E_0 = \text{energía en reposo} \quad (I)$$

$$E_0 = m_0 c^2 = 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 9 \cdot 10^{16} = 15,03 \cdot 10^{-11} J$$

energía en reposo (D(CC))

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M₀) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

$$\begin{aligned}
 E &= E_0 + E_c \\
 10^{-9} &= 15,03 \cdot 10^{11} + E_c \\
 E_c &= 10^{-9} - 15,03 \cdot 10^{11} = 8,497 \cdot 10^{-10} \text{ J}
 \end{aligned}
 \tag{13} \quad (\text{S(G)})$$

es la energía cinética comunicada

La masa (F) de los protones aumenta por alcanzar una velocidad próxima a la de la luz, y la energía que se les sigue comunicando se transforma en un aumento de masa.

$$\begin{aligned}
 p &= m \cdot v = c \sqrt{m^2 \cdot m_0^2} \\
 E &= m \cdot c^2 \\
 m &= \frac{E}{c^2} = \frac{10^{-9}}{9 \cdot 10^{18}} = 1,1 \cdot 10^{-28} \\
 p &= 3 \cdot 10^8 \sqrt{1,21 \cdot 10^{-56} - 2,788 \cdot 10^{-54}}
 \end{aligned}
 \tag{D(ICC)} \quad (\text{D})$$

2º ejemplo.

$$\begin{aligned}
 E_T &= E_c + E_p \\
 E_T &= 10^{-9} \\
 m &= 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,67 \cdot 10^{24} \text{ gr}
 \end{aligned}
 \tag{D(F)}$$

La masa aumenta porque el protón no puede alcanzar la velocidad de la luz y la energía se transforma en masa. (D(IP))

$$\begin{aligned}
 E_c &= \frac{1}{2} m v^2 \quad \text{P} \quad E_c = E_T - E_p \\
 M &= m \cdot v = 1,67 \cdot 10^{-24} \text{ gr} \cdot V \\
 E_p &= k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r} \\
 E &= m \cdot c^2 \\
 E &= 1,67 \cdot 10^{-27}
 \end{aligned}
 \tag{D(CCF)}$$

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_p) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

3^{er} ejemplo.

$$v_n = 0,6c$$

$$v_e = 0,9c$$

Los objetos adquieren la energía, en este caso la E cinética, de la nave. La velocidad de la luz es máximo, no se alcanza. (S(CI))

$$v = 0,6 + 0,9 = 1,5 \text{ con respecto a tierra (D(PI))}$$

$$U'_x = \frac{0,9c + 0,6c}{1 + \frac{0,6c}{c^2} \cdot 0,9c} \quad ((\text{se tacha})) \quad (S(CC))$$

$$U'_x = \frac{U_x + v}{1 + \frac{v}{c^2} \cdot U_x} \quad (D(CCI)) \quad *(7)$$

Adición relativista (D(I))

4^o ejemplo.

La diferencia de masas será la Ec que se ha aplicado. *(12) (S(FG))

$$Ec = (m - m_0) = 10^{-9} J - 1,67 \cdot 10^{-30} gr = 1,67 \cdot 10^{-39} J$$

$$P = mv = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 = \quad (D(FCC))$$

(hay que despejar v) D(CC(I))

5^o ejemplo.

Para ello, habrá que utilizar el grupo de transformación de Lorentz:

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

$$u = \frac{u' + v}{1 + \frac{u' \cdot v}{c^2}}$$

$$u = \frac{0,6c + 0,9c}{1 + \frac{0,6c \cdot 0,9c}{c^2}} \quad *(16) \quad (D(ICC))$$

será la velocidad del cohete respecto a Tierra. (I)

$$v_{nave} = 0,6c \text{ respecto de la tierra}$$

$$v_{cohete} = 0,9c \text{ respecto de la nave}$$

$$v_T = v_{nave} + v_{cohete} \quad *(16) \quad (D(PICC))$$

$$v_T = 0,6c + 0,9c = 1,5c \text{ no puede ser } 1,5 \text{ porque } c \text{ es max}$$

6º ejemplo.

El conflicto interno refleja persistencia de los viejos conceptos, no obstante a su vez se da paso a la significación con rectificaciones y apostillas que sugieren método, y la actitud por justificar (G) e (I).

$$E_{total} = m_0 \cdot c^2 + \frac{1}{2} m_0 v^2 \quad (D(P))$$

$$E_2 = m_0 \cdot c^2 = 1,503 \cdot 10^{-10} J$$

$$10^{-9} J - 1,503 \cdot 10^{-10} = 8,49 \cdot 10^{-10} J \text{ la energía cinética} \quad (S(GICC))$$

$$P = m \cdot v \quad (D(C))$$

$$E_m = \frac{1}{2} m_0 v^2$$

$$3,49 \cdot 10^{-9} = \frac{1}{2} \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot v^2 \quad *(17)$$

$$v = \sqrt{\frac{8,49 \cdot 10^{-10}}{3,35 \cdot 10^{-28}}} \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (D(CC))$$

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M₀) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

$$P= 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot \sqrt{\frac{8,49 \cdot 10^{-10}}{3,35 \cdot 10^{-28}}} \quad (D(P))$$

((se tacha)) (S(I))

Resumen

Las pruebas de evaluación, aunque función de su estructura no dan lugar a una configuración prolija en referenciar, explicar o cuestionar, advierten sin embargo del papel relevante que estos elementos han tenido en la instrucción, los cuales, como se aprecia, subyacen y afloran en las reseñas, alusiones y apostillas, muy diversas (cada alumno elige diferentes ejemplos).

Ejemplos de esta sintonía entre los dos procesos como ya se dijo, se ha señalado como * (1), * (2)..., coincidiendo el número cuando el episodio en cada proceso muestra una relación.

El perfil de las calificaciones como otra muestra más

Los resultados de la prueba, por otra parte, sí son consecuentes con sus objetivos: un medio que configura niveles de «capacitación» en relación a una programación concreta; y un papel en la preparación de otras pruebas (PAU) del que sirve de ensayo.

La capacitación finalmente deviene en calificaciones cuyo espectro a lo largo de todo el curso se concreciona en el cuadro que sigue:

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Alumnos	1ª Evaluación		Total	2ª Eval.	3ª y Final (en los dos contenidos)
	1ª parte P. Clásicos	2ª parte P. Relat.			
1	5,25	7	6,75	7,2	9
2	4	7	6,5	7,75	7
3	0	0	0	4	3,5
4	6,75	7	6,5	8,75	9
5	2,75	4	5,25	6	7
6	2	1,5	1,5	5	6
7	3,75	6,5	5,75	7	8
8	3,75	4	4	8,25	9
9	3	9	7,5	7	8
10	1,75	1,5	1,25	2	2
11	3	1,5	2	4,75	5
12	3,25	1,5	2	3,7	3
13	0,5	1	1	2	2
14	6	5,5	6	7,75	8

El análisis «interambientes» que puede inferirse de estas calificaciones, ya muestra para cada alumno cuotas muy similares entre los dos tipos de contenidos, los que no representan verdadero «cambio conceptual», a. patrón (P. Clásico), y los que sí los presentan, a. problema (P. Relativista).

El ambiente problema se evalúa en parte -en la primera evaluación- y otra parte en la tercera, que recoge aplicaciones a «casos» del Modelo, en Física Cuántica y Nuclear.

Los datos que finalmente configuran las calificaciones finales conducen a que el 72% de los alumnos (10 alumnos de 14) alcancen un resultado satisfactorio, con una nota media de 7,5. Dato que si se compara con el correspondiente, al de los que se presentan a las pruebas de acceso a la universidad (PAU-LOGSE) de Junio de 2001 (en total 8 alumnos: 4 chicos y 4 chicas), se aprecia que se produce bastante acuerdo. La calificación fue de 6,13.

El resultado para estos alumnos, en estas pruebas en la asignatura de Física, se constituye numéricamente en una calificación superior a la de la media del distrito en dicha asignatura, que es de 5,046 para un total de 961 alumnos.

El dato en sí como una muestra más, puede representar otra respuesta al devenir del currículo ahora en sus fines propedéuticos. Una cuestión que se planteaba sobre el mismo, era que aunque se revelase fértil en el servicio a ciertos objetivos educacionales, además pudiese ser capaz de atender todos los ámbitos deseables, estas calificaciones al menos no desmienten su eficacia sobre esta capacidad.

Resumen del análisis secuencial de las diferentes muestras bajo consideraciones de la fase 3ª del mismo

La evolución en los tipos, bajo la valoración cualitativa que ahora se extiende a la disposición de secuencias o discrepancias entre las distintas fases revela una evolución desde un perfil en la situación inicial (contestaciones de la P.I.), perfil que coincide casi literalmente con el de los materiales curriculares habituales: el que se decanta por el talante en organizar la asignatura conforme a las indicaciones de los programas, en secuencias de estudios de casos que van de la cinemática, a las interacciones particulares, y finaliza con el tratamiento de lo más complejo. Disposición que en el planteamiento de las hipótesis de este trabajo, ya se señalaba como negativa en la enseñanza de la Física, frente a la de un desarrollo de la misma en un talante de mayor unificación.

Como ejemplo a las primeras cuestiones de la prueba, que servirían para explicitar los objetos y objetivos de la Física, y los recursos como percepción, cuantificación o relación (donde sería adecuado introducir el papel y clase por ejemplo, de las interacciones) responden con la mención de escuetos elementos de cinemática (como fórmulas y definiciones), y luego de dinámica, en la forma casi invariable a como se constituyen en los materiales y textos. Las cuestiones tercera y cuarta, donde debería entrarse en los recursos más generales, se contesta aún más sintéticamente, también fórmulas, y definiciones, sobre los temas que habitualmente siguen: interacciones o energía.

Luego bajo la instrucción según el currículo del proyecto, es de señalar que en las pruebas de evaluación escrita, el talante, ahora informado en el mismo, parece responder con la actitud, que se estimó importante en los temas con cambios conceptuales de quien referencia, da consistencia y justifica lo que hace. Actitud que parece un reflejo de la fase de instrucción prolija en el cuidado de esos elementos.

Es así que desde esta introspección cualitativa entre datos de procedencia diversa, se aprecian argumentos a favor del juicio de las hipótesis: *la utilidad de una estructura en los materiales curriculares*, que no sea sólo una redacción más amplia de un programa, y que introduzca en la trama elementos conceptuales, y procedimientos que se estiman válidos y a la vez únicos, para todos los fenómenos.

5. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN: INTEGRACIÓN E INTERPRETACIÓN (FASE 3ª)

5.1. INTRODUCCIÓN

Para trascender el simple registro de hechos, generar teorías sustantivas, y encuadrar los estudios con otras cuestiones, se recurre a la consolidación y aplicación de teorías, desde procesos interpretativos con base en las metáforas y analogías, y a una síntesis de resultados contrastándolos con los obtenidos por otros investigadores.

Aplicación de otras teorías

La técnica de aplicación de otras teorías que consiste en la búsqueda de otros estudios y marcos analíticos en los que integrar los datos, permite determinar implicaciones más universales.

El caso que aquí se investiga no viene a contradecir totalmente otras teorías, más bien añade constructos o matiza los *programas de actividades*. Y lo que refuta es la manera que se estima a menudo fragmentada o escasamente sistematizada de los materiales curriculares de Física de uso común, que parecen más preocupados por su afinidad con los programas de mínimos en su fin propedéutico, que en cuidar los parámetros educacionales que la epistemología requiere.

Metáfora, simil y analogía

Las metáforas símiles y analogías van a ser medios fructíferos para determinar relaciones entre temas aparentemente inconexos; su uso así requiere de un pensamiento divergente.

La metáfora puede utilizarse como instrumento analítico, así parámetros como ritmo, tempo, fuerza y compás que estructuran las composiciones musicales, pueden ser también considerados en las pautas de otros ámbitos de interacción. Cada cultura o ambiente genera pautas en la comunicación y la relación entre sus miembros, y la comprensión de sus actos -como el caso entre diversos «ambientes»- se facilita cuando dichas pautas son compartidas o comparadas.

Síntesis

Para alcanzar una síntesis superadora de teorías existentes, el investigador ha de buscar previamente ideas en varios contextos o desde distintas perspectivas. La síntesis va a requerir un esfuerzo inter e intradisciplinar, integrando datos y conceptos provenientes de investigaciones lo más numerosas posibles.

Ahora los problemas de la interpretación de los resultados son: 1º la enorme cantidad de datos con que en general el investigador se encuentra; 2º no sobrepasar los límites de la mera descripción.

Otra dificultad a superar es que en parte el proceso exige comprometerse con una postura determinada, por lo que no sólo habrá que adentrarse en el terreno del pensamiento original, a la vez de ver la significación de las últimas actividades.

Los procedimientos concretos de ajuste y comprobación de las categorías son los mismos en la interpretación y en el análisis. Ahora bien, *en la interpretación hay que reconfigurar las categorías establecidas y formular nuevas relaciones*, quizá mediante combinaciones originales de elementos, extrapolaciones, imaginando conexiones, etc. Representa a la vez un ejercicio de síntesis, y el modo de interpretar y aplicar los resultados. Los formatos de presentación que pueden ser: narraciones cronológicas, síntesis temáticas o conceptuales, o bien estructuras de solución de problemas en torno a cuestiones que se planteen... Se decantan en este trabajo a utilizar principalmente recursos en los dos últimos modos.

Pese a que un investigador se responsabiliza sólo de la integración de sus propias conclusiones en los marcos conceptuales específicos que informaron su actividad, debe ser evidente que los resultados ofrecidos poseen otras aplicaciones, y en qué medida y contexto son aplicables. Por ejemplo, cuando se afirmen relaciones o se saquen consecuencias, se tratará de mostrar su ocurrencia y covariación; y cuando se les atribuye algún significado, éste se fundamenta y justifica frente a las explicaciones alternativas.

Esta investigación también trata de ser significativa en la medida que aporta nuevas perspectivas a viejas cuestiones, y perfecciona o verifica los conocimientos existentes a través de otras explicaciones y la réplica, apoyando la justificación del estudio con referencias a la literatura relacionada con el tema (Anexos). La significación atribuida a las conclusiones, y la integración de lo encontrado en marcos más amplios, se perfila en la medida en que el investigador ha conseguido los fines que se proponía.

5.2. LOS RESULTADOS EN LA INVESTIGACIÓN PRESENTE

Representan la síntesis de las explicaciones dadas al conjunto de fenómenos encontrados, que una vez analizados ahora se interpretan.

Los criterios que según investigadores como Cutcheon (1981) se estiman necesarios para la calidad del proceso son:

1. Las interpretaciones han de ser posibles, ordenadas y lógicas; las alternativas deben estar reconocidas y su rechazo efectuado de forma razonable.
2. Se deben basar en suficientes datos, se subraya la necesidad de proporcionar gran cantidad de datos brutos.
3. Deben ser consistentes con conocimientos disponibles sobre grupos y fenómenos similares y las discrepancias ser abordadas de forma plausible.
4. Por último, las interpretaciones legítimas deben ser significativas y contribuir a la comprensión de la complejidad de los fenómenos, y a la creación y tratamiento de cuestiones.

Puntos que se ha tratado de tener en cuenta en las actividades que preceden a esta exposición de resultados.

Se extienden ahora a tres ámbitos:

El de la relación entre los resultados, y los enunciados de las proposiciones.

El de la contrastación con otras propuestas.

El de los constructos, interrogantes, y nuevas hipótesis que esta investigación genera.

Según un *esquema/sumario*:

- 5.2.1. La relación entre los resultados y las proposiciones. Los argumentos sobre la cuestión de su verificación
 - 5.2.1.1. Los argumentos que enjuician la fertilidad del enfoque.
 - a) La significación.
 - b) La sintonía con las aspiraciones de los alumnos.
 - c) Los objetivos del currículo.
 - d) La viabilidad en función de las limitaciones de entorno.
 - e) El contraste con un patrón referencial.

- 5.2.1.2. El papel y causalidad de las variables características de la epistemología
 - a) Bajo la inspección del uso de estos recursos instruccionales a lo largo del proceso, y la evolución del mismo.
 - b) El de la sintonía entre sus características y las necesidades pedagógicas del currículo.
- 5.2.2. El contraste con planteamientos precedentes
 - 5.2.2.1. En el ámbito de la metodología adoptada.
 - 5.2.2.2. En el ámbito de lo pedagógico. Diferencias y similitudes con las propuestas epistemológicas de otras hipótesis
- 5.3. Resumen y conclusión final
 - 5.3.1. Los constructos encontrados. Nuevas hipótesis
 - 5.3.2. Sobre la verdad o falsedad de los fenómenos detectados. Los interrogantes que se plantean (las nuevas vías de investigación)

5.2.1. La relación entre los resultados y el planteamiento de las hipótesis

En principio el objetivo de la investigación responde a los planteamientos de las proposiciones. Luego el interés de la misma deriva a otros constructos: como el hecho en sí mismo de analizar los fenómenos que en general que se producen en el ámbito educacional; las dependencias, secuencias y causalidades en los procesos cognitivos adquieren prioridad, e importa el posible papel de las variables que se proponen.

El conjunto de afirmaciones o conjeturas que se establece se evidencia desde las actividades del proceso de integración e interpretación de la 2ª y 3ª fases del análisis que tanto en lo cuantitativo como cualitativo se han desplegado.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

5.2.1.1. Fertilidad del enfoque

La enseñanza es fértil:

- a) Si alcanzan razonables cuotas en significación, como la que concluye en la aprehensión de los conceptos capaz de redefinirlos, y destreza resolutive.
- b) Si estas cuotas son las demandadas por los alumnos, es decir, están en sintonía con sus aspiraciones.
- c) Si son las requeridas en base a los objetivos del currículo y su ontología.
- d) Si se avienen a las limitaciones del currículo, que en su realidad trabaja con un conjunto determinado de alumnos-participantes, limitaciones horarias, y una capacitación necesaria mínima y su fin propedéutico.
- e) Si las secuencias en el perfil instruccional son similares a las de las enseñanzas no cuestionadas por la supuesta idoneidad en su acabado (contraste interambientes o entre escenarios).

Ahora, punto por punto:

a) Los modos categoriales que como parámetros objetivos se han elegido para tipificar la elaboración de conocimiento, se registraron bajo las siglas S y D; S (significación), como modo asociado al conocimiento asimilado capaz de reproducir o elaborar esquemas, su aparición frecuente muestra un uso de procedimientos en los que recurren a desarrollar, más que a aplicar «recetas»; D (destreza) en cambio, representa la muestra de conocimiento que se cimenta en la copia, destreza memorística, réplica, o simple cálculo. Los análisis efectuados dieron muestra de *un alto bagage en ambos datos S y D* que se combinan, lo que es muestra de aprendizaje fértil.

Un tercer modo (ahora subcategoría) es importante porque denota que se aprende por cambio conceptual (CC); los principales datos vienen del hecho de que S y D exponentes de significación, y capacidad resolutive se combinan con CC; y de su cuantía, que es similar a la de (C) que es adquisición de un simple conocimiento. La subcategoría (F) también es frecuente y sus asociaciones son signo de fertilidad: expresión de duda, conflicto, o bien silencio significativo consecuente con los datos; el error simple o desconocimiento, apenas se aprecia. Un debate inquisitivo propio de procesos de aprendizaje constructivo.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Se puede concluir así, bajo esta síntesis de los análisis e interpretación de los datos, que éstos avalan el juicio sobre una enseñanza, que ciertamente da muestras de fertilidad.

b) Los datos proceden ahora del ámbito de lo subjetivo, en tanto representan la actitud frente al proceso de los propios participantes. Los registros en ese sentido se instruyen bajo: M (motivación), A (apatía) y N (negación).

El componente actitudinal M es abundante y de mayor peso que el A, aunque éste es un dato que tampoco es señal de descontento, sólo de cierta parquedad, sólo cortesía o cansancio; el tipo que realmente es exponente de oposición: N (actitud negativa), de hecho apenas se registra.

Los análisis sobre estos referentes, dan fe de un comportamiento que muestra sintonía: la atención sin tregua se pone de manifiesto: siempre algún alumno corresponde activamente al contenido, o por turnos. Y la asociación de M con tipos como (S-F-I-G-C o CC) sugiere que dicha implicación está relacionada con el trabajo por conocer.

Todo ello apunta a que el talante de los alumnos hacia el conocimiento de la Física bajo el Paradigma más Moderno, que ahora se desarrolla bajo el enfoque cuestionado, expresa implicación y sintonía con el mismo.

c) Es necesario indagar ahora si las conclusiones son espúreas, o realmente obedecen a que se integran la trayectoria en lo epistemológico y la ontología desarrollada. Es decir que los recursos que se ponen en juego, están en consonancia con las complejidades de aprehensión que el currículo requiere.

Ontología que se caracteriza por representar uno de los ejemplos de enseñanza por cambio conceptual más drástico de la Física (el que supone sustituir la Física de Newton por la de la Relatividad), siendo que los conceptos de la primera están asumidos por los estudiantes que se resisten a su remodelación.

Algunos indicadores de los que también se arbitraron, pueden proporcionar datos en este sentido son los tipos (O) y (F): (O): (inducción), exponente de persuasión o de la acción conductista sobre el evento; (F): (conflictividad), es muestra de duda, error, opinión contraria, que los alumnos de hecho manifiestan ante un acontecimiento.

Los juicios que la frecuencia y asociación de estas variables sugieren son: En relación a (O), el dato en sí es que es frecuente, y el juicio que así se deriva, que ello es consecuente

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

con la naturaleza de un aprendizaje en el que todo ha de ser de nuevo calificado. La percepción de la realidad ha de ser interpretada, y así los recursos para tratarla, los alumnos las aceptarán en función de la validez que les atribuyan y el itinerario educacional deberá conferírsele. En este sentido que (O) sea abundante, es lógico en una instrucción que ha de tener mucho de expositiva. Ahora, sus asociaciones son lo que más importan, (O) en solitario representaría ser simple declaración, pero como acontece asociada con S, D, M, F o CC..., es exponente de fertilidad, de una enseñanza que: bajo F negocia, evalúa y critica; con S y D o CC construye, y con M, que se acepta.

(F), como tipo representa una denuncia de los fallos, las dudas, los errores...; su asociación con otros modos descarta una interpretación de ser «simple desconocimiento». La conjunción abundante con M, S, D, C o CC, contrariamente da lugar a la lectura de una implicación consistente, los alumnos conscientes en sus dificultades, advierten las diferencias o divergencias que encuentran. Y esta presencia constante y que se combina con los tipos I y G, de uso de los recursos pedagógicos, da muestras del perfil que no escatima esfuerzo ante los mismos.

El juicio de valor ahora, es que la evidencia de una actitud que supervisa las ideas, expone sus dudas, valora o critica, en conjunción además con demanda de ayudas, es que es la idónea a las características del currículo en su complejidad.

d) La fertilidad se supervisa ahora en función del acuerdo existente entre la instrucción proporcionada, y los objetivos que el propio currículo persigue.

Lo anterior no tendría sentido, si además el proceso no fuese útil y eficaz a sus fines, en su totalidad, que no son otros que los específicos del curso para el cual se ha diseñado (2º de Bachillerato). Es necesario a la utilidad, que el diseño se ajuste a las limitaciones de entorno asignadas, tales como el tiempo, su fin propedéutico y la atención precisa a la programación; un planteamiento aséptico, en el que no se dé más énfasis a ciertos contenidos que el consensuado, y que los expertos tienen por razonable. Así, la dedicación horaria de los contenidos «problema», que se recomienda sea de unas 9 sesiones, que aquí se reparten: 7 para el desarrollo del tema «Introducción y Modelo Relativista, sus consecuencias en la medida e interpretación de los parámetros», y otras 2, que se utilizaron a principio de curso, en la declaración de los Principios del Modelo actual, y que sirvió para ubicar en su contexto, el papel y relación con él de los contenidos de la Física en su totalidad.

La constatación de que el enfoque cumple la condición de «ser viable», es decir que sí se integra en un currículo común, la proporciona el perfil del diseño de la propia

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M.) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

experiencia que reproduce el devenir de los hechos en el propio curso, y con los alumnos propios del mismo. Constatando desde la literalidad, el ensamblaje entre el contexto mencionado y la enseñanza que se desarrolla.

e) Contraste con un patrón referencial, ambiente «patrón». No serían fiables estos juicios si simplemente dependiesen de la «cuantía», pero ésta no fuese «evaluada». Como en cualquier medida es apropiado arbitrar un patrón con el que comparar. El que se elige es aquel cuya cuota de capacitación se considera de «éxito», o que no se cuestiona su epistemología avalada por años en su aplicación. Se elige así un extracto de estos contenidos: «patrón», de tratamiento semejante y similar en extensión al del: «problema», tomando como ambiente de referencia algunos de los bloques de contenidos en el Modelo Clásico, en el que el aprendizaje no supone un cambio en las ideas que sustentan los esquemas conceptuales.

El hecho es que desde los datos que se registran la pedagogía aplicada al Modelo actual, ha configurado conocimiento, y una validación de los conceptos de forma similar a la que se aprecia en el ámbito «patrón» que se toma como referente.

Y en cuanto a los datos específicos que caracterizan la consecución en cambios conceptuales (CC), frente a la adquisición simple de conceptos (C), **cuantía, y capacitación con base a las asociaciones (S-D-CC o F) en ambos se revela similar. El peso y demanda de las variables I y G, características de la pedagogía también se muestran en disposición afín.**

Los resultados verifican que la secuencia y perfil de los fenómenos ligados a las trayectorias cognitivas, como la implicación, conflictos, adecuación, reajustes, capacitación..., se repiten en su disposición en los dos ambientes, tanto desde la contrastación cuantitativa de los modos, como en la secuencial cualitativa.

5.2.1.2. El papel y causalidad de las variables características de la epistemología

- a) Bajo la inspección del uso de estos recursos a lo largo del proceso, y la evolución del mismo

Una de las creencias más firmes en esta investigación es la de que es posible introducir

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

cambios en el modo de enfrentar los alumnos a su proceso de instrucción, bajo variables pedagógicas que informen el currículo. Cambios que en su perfil y evolución son el objeto de reflexión ahora. La cuantía, disposición, y covarianza de los tipos entre las distintas fases o muestras, serán los factores que se utilicen.

La primera extracción con ese fin, provienen de la situación de comienzo de curso (prueba inicial). El contraste frente a las muestras siguientes da cuenta de una evolución en los modos de aprendizaje que va, desde las estrategias que se ciñen a la resolución simple y lo memorístico, definiciones o fórmulas, hacia las que ponen el acento en la justificación de cada actividad conforme a los planes establecidos. Los datos del inicio del curso, tienen un predominio en datos (D) y (F) simple de «no se sabe, y no se contesta». Un talante de quien no se para en esclarecer, y no se extiende en el detalle. Los tipos (I), (G) o (S) apenas se dan en dicha prueba y menos sus asociaciones. Tampoco los conceptos del Modelo actual se mencionan, pero éste es un dato que era de esperar.

El contraste de este perfil con el de las muestras que siguen (episodios verbales, y exámenes de evaluación), refiere el cambio hacia la actitud opuesta. Tipologías propias de quien se involucra en justificar las acciones, y las explícita; donde la referencia y la generalización pasan a ser recursos importantes. Contexto diferente al de los materiales curriculares más comunes, donde en general, se concibe la Física como una sucesión de fenómenos: «cinemática», «dinámica», «electricidad»..., y que así se muestra en la prueba inicial. Ahora sensiblemente se pasa a integrar los recursos para todos estos «casos» como piezas de una Física más unificada. Las asociaciones de tipos que continuamente se producen (S-I-G-F-O-D) junto con (C) o (CC) y (P), dan fe de esta actitud.

Los primeros días, no obstante (anteriores a las grabaciones), en los que de acuerdo con la filosofía del enfoque deben configurarse los marcos de actuación o esquemas, se aprecia un talante, que en principio desdeña entrar en el detalle y la justificación, más bien es de espectación, a veces de impaciencia (serían tipos en (A) y (O)); los alumnos preguntan que «cuándo se entra en la programación de verdad». La participación realmente activa comienza cuando se pasa a la aplicación de estos recursos del Método, como para configurar en cada caso la ecuación de estado correspondiente.

La contrastación que se extiende a las pruebas de evaluación escritas frente a esta prueba inicial, revela un nuevo talante, aunque distinto al de la instrucción. El que algo sí enfatiza en la racionalización de lo que se hace, y pone un cierto empeño en objetivar las actuaciones. El tipo que ahora abunda, y se asocia es el exponente de significación (S), que con (D), el más frecuente, construye, y resuelve, y algunos (I) o (G), (F) también revela las

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

dudas que subyacen y el conflicto o debate interior; (C) y (CC), o la persistencia de viejos conceptos (P) también se consignan. Pero frente al proceso de instrucción como diferencia más notable destaca la presencia *más tenue* de los tipos asociados a las variables instruccionales (I) y (G), su aparición si se establece ahora es como alusiones breves, aclaraciones puntuales, identificación, papel, o cualidades de ciertas variables, o la descripción de lo que se hace: mención, dibujos, gráficos... El perfil no obstante, está de acuerdo con la estructura de estas pruebas y sus factores de entorno, como el tiempo disponible, y son datos consecuentes con el proceso de evaluación de capacitación para el que se diseñan, en sintonía con los fines de este curso que prepara para ejercicios de similares características, que ponen el acento en la actuación que resuelve, más que en explicar hasta las últimas causas. Los alumnos además son conscientes de la diferencia entre aquello que se estima necesario a la instrucción más significativa, y aquello que se va a evaluar, lo que así se aprecia en la diversidad de las explicitaciones donde, como ya se señaló, cada alumno hace una elección particular y diferente.

El juicio que ahora emerge, es que sí existe una actitud en administrar los recursos del período de instrucción, y éstos de hecho, son elementos importantes en las cuotas de fertilidad y capacitación que se aprecian.

Las calificaciones del conjunto del curso parecen confirmar rangos en la capacitación que se pueden considerar satisfactorios, el 80% de alumnos superan la asignatura con una calificación media de notable. Dato que se ratifica desde las pruebas de acceso a la Universidad (PAU-LOGSE) de 2001 que, como ya se indica en el anterior apartado estos alumnos superan. (Los datos son de una calificación en Física, media de 6,13 frente a la media del distrito de 5,2).

Se puede señalar además, que aquellos alumnos que aunque en las pruebas de evaluación no alcanzaron las mayores calificaciones, por los tipos en (F) como error o conflictos mostrados, pero sí se implican en los recursos de las variables del enfoque (I) y (G), en estas últimas también dieron muestra de la mayor preparación alcanzando las más altas calificaciones.

b) La presumible sintonía entre estas variables y las que la pedagogía requiere

Es preciso incluir ahora el punto que esclarece el papel teórico real de los elementos introducidos como alternativa. En un caso como éste que exige procesos de acomodación

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

y ajuste de los conocimientos bajo nuevos esquemas, *lo que ahora se averigua es si dicho perfil tiene que ver con las herramientas proporcionadas.*

El asunto se analiza bajo la premisa, de que *sí existe una sintonía entre los elementos de aprendizaje necesarios, y estas variables epistemológicas; conexión que -se especula- ha de proceder de la afinidad de los recursos aplicados con los que el currículo demanda.*

La realidad del mismo es la de que a las ideas tenidas por ciertas, no sólo se han de incorporar las nuevas, sino que se exige su sustitución; una acomodación en la que las nuevas obtengan validez. Siendo que el proceso de validación pasa por las actividades cognitivas comprensión y verosimilitud. La comprensión, como el poder de interpretación o de explicar las ideas, la verosimilitud como la consistencia o lógica mutua con lo que se tiene por cierto.

Lo que ahora se especula es que realmente la estructura de los materiales creados, y su filosofía, contribuyen de forma efectiva a facilitar estos dos elementos:

En primer lugar, la comprensibilidad ligada al poder de interpretar y explicar, tiene su expresión en la primera «herramienta» cognitiva, que como cadena de «significantes» o «inclusiones» (I) caracteriza el enfoque: se interpreta o se explica algo en función de la relación sin fisuras con lo que ya se conoce comprensivamente.

La segunda, verosimilitud, como creencia, o aceptación a través de cierta consistencia con lo tenido por cierto, no sería posible, si previamente no se establece claramente cuál es el marco de verdades. Dicho marco lo constituyen declaraciones, postulados y leyes, y son ahora también otra herramienta, que como (G) instruye como variable la pedagogía, la de los referentes capaces de dar la mencionada consistencia necesaria.

Por todo ello es otro juicio de valor plausible, que sí existe cierta conexión causal entre la filosofía que subyace en los recursos (variables), y los niveles de capacitación mostrados, por la correspondencia que se aprecia entre el perfil de dichas variables y las demandas del currículo.

Pedagogía que de hecho se presenta con un mismo perfil o enfoque en los dos ambientes, y lo que se piensa ahora es que en el Modelo Clásico *su referencia ha sido inconsciente*, ubicua, y por eso no es patente su peso. Los términos epistemológicos representados por las mismas variables, ahora sí son una novedad (la que se investiga) sobre los bloques de contenido «problema». La Física actual precisa de estos recursos para su adecuación en una Física general, no obstante bajo una elaboración y estructura conciliadoras, más que una ampliación difusa o sobreentendida (como se viene haciendo) desde el Modelo Clásico..

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M.) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

5.2.2. El contraste con los planteamientos precedentes

5.2.2.1. Sobre la metodología adoptada

Se analiza ahora la cuestión de la utilidad de los principios metodológicos que han guiado la investigación presente, bien en relación al interés por obtener más datos bajo el planteamiento de un trabajo semejante, bien como ejemplo de actividades para el estudio de problemas de similares o distintas inquietudes en didáctica.

Este trabajo se ha apropiado de las técnicas metodológicas que estudian el comportamiento humano y constituye en la utilización de las mismas un modelo que con más o menos fortuna ha extraído conocimiento y constructos. Técnicas que al comienzo se constituyen en los modelos descriptivos y taxonómicos que habitualmente utilizan antropólogos, sociólogos..., o de la evaluación educativa, que para empezar a trabajar de lo que disponen es de listas de fenómenos a investigar, y centran su atención en los datos más cualitativos. También las actividades de la psicología educativa, con fundamento en recursos observacionales y técnicas etnográficas: entrevistas clínicas, recogida de datos..., que en el campo del desarrollo cognitivo y emocional infantil, generan flujos de comportamiento (trabajos como el de Piaget), ahora son útiles al ser transferidas al seguimiento de procesos educacionales cuando como en éstos se analizan los potenciales causales, y el efecto más bien psíquico de acomodar nuevos conceptos.

Investigación que así utiliza la diversidad de estas técnicas cualitativas: como la observación participante, el registro automático, o la revisión de documentos, para el descubrimiento de fenómenos. Luego la confección de los constructos sobre el análisis en la búsqueda de posibles redes causales, u otros argumentos, es en general tarea compleja, que en la presente ha necesitado además capacidad de improvisación, creando medios propios para la organización y la evaluación, dada de hecho la escasez de referentes concretos. No obstante alguno de estos antecedentes más significativos, se analizan ahora por el interés en reflejar su papel en este trabajo, y por lo que a los mismos éste ha añadido.

Al margen de aquellos trabajos como los de Goetz y Le Compte (1986), que proporcionan las líneas de trabajo para actuar con técnicas etnográficas en investigación; se citan: el de Reigosa Castro y Jiménez Alexandre (2000) y el de Berenguer y Pérez Selles (2000). Que sirvieron para completar el perfil en las actuaciones y de la Metodología en su capacidad para averiguar, y concluir.

El primero: de características muy similares a la presente en lo que se refiere a la muestra (población), extracción, y organización de los datos.

El segundo de Metodología similar aunque no entra en los mismos detalles de la clasificación, análisis y organización, pone su interés en asuntos con una inquietud semejante: la epistemología en los procesos educacionales que conllevan cambio conceptual drástico, como el del paso de «la Física Clásica a la Relatividad».

El análisis del primer ejemplo: «La cultura científica en la resolución de problemas de laboratorio».

Destaca una búsqueda como en la presente, de las pautas de comportamiento en la didáctica de las ciencias, con diferencias en el contexto por el que se interesa: «actividades prácticas en forma de problemas auténticos», centrando el análisis en ciertos episodios, con resultados que se presume son generalizables en la pedagogía de las ciencias.

Así el planteamiento del problema de este primer trabajo se presenta:

«Las actividades auténticas de un dominio, por ejemplo, el científico, están situadas en su cultura y han sido construidas a través de negociaciones entre sus miembros. Estos autores consideran el aprendizaje un proceso de *enculturación*, que se logra mediante la implicación progresiva en actividades auténticas, pero sucede que las actividades escolares arquetípicas no son tales, sino híbridos atribuidos a la cultura de la ciencia pero pertenecientes a la de la escuela, con lo que los estudiantes entienden mal las verdaderas prácticas auténticas.

En este trabajo presentamos un estudio de caso sobre alumnado de secundaria realizando una actividad práctica basada en la resolución de un problema auténtico, con la idea de ver cómo se enfrentan a actividades de inmersión en la cultura y la práctica científica. Los problemas estudiados son:

- Qué estrategias usan en la construcción de conocimiento mediante el discurso y otras acciones.
- Qué dificultades experimentan en este proceso.
- En concreto, nos interesa explorar cómo se manifiestan en sus actividades la cultura científica, relacionada con la verdadera construcción de conocimiento científico, y la cultura escolar, referente a la exhibición de un comportamiento estereotipado supuestamente correcto» (Reigosa y Jiménez, 2000).

Luego la metodología se instruye:

«El estudio se realizó en enero de 1998 en un instituto de bachillerato público urbano de Lugo, con alumnos de 2º de BUP con su profesor de física y química (el primer autor de este trabajo). Los alumnos habían recibido instrucción sobre cinemática y dinámica, aunque no se había tratado la ley de Hooke, relevante de cara a la tarea.

Los participantes que llevaron a cabo la experiencia fueron los alumnos de una clase de horario nocturno. Los estudiantes se dividieron en dos grupos de cinco cada uno: grupo 1 y grupo 2. Sus componentes eran de edad superior a la de los grupos habituales de 2º de BUP.

Como problema se planteó la situación de un explorador que quería medir la masa de pequeñas piedras sin llevar una balanza en el equipaje, porque le ocupaba mucho, para lo que se proponía usar algún tipo de resorte, como un muelle o una goma.

En la recogida de datos se dispuso, para cada grupo, de una cámara de video y de un magnetófono con micrófono» (Reigosa y Jiménez, 2000).

Se observan diferencias con la presente en cuanto a una mayor especificidad en la configuración del grupo de trabajo (una menor aleatoriedad), que no se implica en la enseñanza común. También los dos grupos representan dos ambientes dirigidos ahora por profesores diferentes, lo que aquí sirve luego para unificar criterios de análisis.

El análisis y la estructura en la inspección de los eventos se configura asimismo bajo pseudovariables:

«Un interesante modelo de los procesos que tienen lugar en la construcción del conocimiento científico es el de Dusehl y Erduran (1996), quienes proponen un camino que va: a) en primer lugar, del conjunto de los datos en bruto a los datos *duros*, que son aquellos a los que se presta atención en la investigación; este paso también podría indicarse como el paso de observaciones a datos; b) en segundo lugar, de los datos duros o seleccionados a las pautas que se percibe en ellos (o de datos a pautas): es decir, en qué forma se relacionan, si pueden deducirse de relaciones causales, etc.; c) en tercer lugar, de las pautas a las teorías que pueden explicar la existencia de estas pautas.

Los eventos considerados de interés eran aquellas acciones, sucesos, frases, etc., que mostraban algún tipo de relevancia educativa (por pequeña que fuera)».

La organización de los datos también se realiza bajo el recurso de arbitrar sistemas de categorías bajo hechos que se «etiquetan» o tipifican. Es decir, es un ejemplo de metodología similar a la de la presente que atendería la forma de clasificar los eventos, y que difiere entre otras cosas en su mayor diversificación: 60 tipos; pero luego no se enfatiza en sus asociaciones.

«A continuación, estos eventos se agruparon en tipos distintos, siendo estos tipos etiquetas que podían englobar sucesos concretos con algún denominador común o que, simplemente, ocurrían repetidas veces. Para el grupo 1, se usaron 60 etiquetas, algunas de las cuales fueron: 'las alumnas enuncian el objetivo', 'el profesor elude dar instrucciones concretas', 'Pilar copia datos', etc. Para el grupo 2, se usaron 48 etiquetas que estos eventos-tipo hubieran podido ser».

Luego, el origen en la elección de las categorías se arbitra en el sentido de hacer que representen eventos que se repiten en los diversos grupos. Se categoriza todo evento que dice algo sobre el proceso de aprehensión de conocimiento, y relación con otros factores, es decir también permite controlar el papel de ciertas variables

La presente aunque no descuida estos asuntos, más bien se centra por descubrir el máximo de relaciones, e incidencias alrededor de una parcela o «caso» más concreto, el del aprendizaje por cambio conceptual.

«Finalmente se buscó una interpretación global para cada grupo que abarcara todos los tipos de evento, creando categorías, revisándolas y reagrupándolas, proceso en el que participaron ambos autores».

Son ejemplos de estas categorías y sus unidades:

«*Cultura científica*. En este apartado analizaremos aspectos relacionados con las estrategias de construcción de conocimiento científico usadas por los participantes. Para ello asumimos que la indagación científica es un proceso iterativo de movimiento adelante y atrás entre pruebas y explicaciones hasta que la comunidad alcanza una opinión de consenso (Duschl y Erduran, 1996; Duschl, 1998). Como señalamos en la introducción».

Y unidades como:

«*Identificación del problema y construcción de datos*. El objetivo explícito de la tarea (Apéndice) era comprobar si es posible medir masas con muelles y gomas. Para ello era necesario comparar las masas medidas mediante la balanza con las medidas de los resortes. El problema a resolver con el montaje era cómo medir las masas con los resortes. Los componentes del grupo 2 lo identificaron rápidamente».

Y los datos brutos que los representan:

«Grupo 2. Sesión 1.

125. Profesor: ¿Por qué medís la masa de la bola?

126. Juan: Para comprobarla después con el muelle, digo yo. O con la goma.

128. Juan: (Mostrándole el muelle a los demás del grupo). Se trata de saber cómo se mide con éste».

«Grupo 2. Sesión 1.

445. Luis: (Mirando el resorte). Yo veo quince con siete.

446. (Juan se incorpora de su asiento y mira con atención prolongadamente).

452. Juan: Entonces, ¿por qué se desfasa esto?

453. Luis: Ni idea, chaval» (Reigosa y Jiménez, 2000).

Organización y análisis: El mismo se realiza en los comentarios que suscitan cada bloque de eventos que representan las categorías:

«Pero su solución les resultó complicada. Construyeron un dispositivo que representamos en la figura 2 y decidieron colgar de ellos pesas de masa conocida (Fig. 3), e inicialmente midieron estiramientos, controlando la longitud inicial del muelle».

Se aprecia en la organización un sistema que no enumera, como en la presente los tipos; lo que señala es la clase de eventos que suceden en cada tipo, y que dando más peso a lo cualitativo ya no entra en la enumeración, o cuantificación.

En conjunto, este ejemplo se muestra más afín que la presente a los polos generativo, frente al verificativo; o al inductivo y constructivo, frente a los deductivo y enumerativo.

Los resultados que se perfilan desde las conclusiones de cada asociación de datos, se muestran en forma de discusión y de opiniones:

«Según Roth y Roychoudhury (1993), el aprendizaje es más efectivo, el alumnado desarrolla destrezas de nivel más alto, llevando a cabo experiencias en contextos denominados auténticos, es decir, próximos al mundo real. Los problemas auténticos, que se discuten con más detalle en otro trabajo (Jiménez, 1998), se entienden como aquéllos que se sitúan en un contexto próximo al alumnado, son creíbles, y cuya solución no está definida de antemano, pudiendo no ser única».

Y se contextualizan de modo que en lo más cualitativo, se implica en abrir nuevas hipótesis.

«El análisis de las operaciones realizadas, así como de las transcripciones de las discusiones del alumnado, pone de manifiesto las dificultades que experimentan al enfrentarse a un problema abierto, en el que ellos mismos deben diseñar el procedimiento a seguir. En nuestra opinión, algunas de estas dificultades tienen que ver con una percepción de las prácticas como una actividad en la que se sigue un conjunto cerrado de pasos correctos, que deben ser indicados por el profesor».

También se constatan fenómenos:

«Otros ejemplos de cultura escolar serían la importancia del aprendizaje de hechos o conceptos frente al desarrollo de destrezas, la ausencia de justificación de las operaciones o acciones realizadas (lo que importa es el resultado, no el proceso) y el sesgo de confirmación».

También tenuemente a veces se aprecia el papel o covarianza de ciertas variables:

«En cuanto a la elección del formato de los datos, en el mismo grupo, la opción de utilizar como dato la posición de la aguja corresponde a lo que Duschl y Erduran (1996) denominan *datos duros*, aunque después, en la búsqueda de pautas -otro de los pasos esenciales en el proceso de poner orden-, tropezaron con un obstáculo (la relación lineal sólo se cumple para un determinado intervalo) que no fueron capaces de superar».

Finalmente, también se formulan juicios sobre lo encontrado:

«En resumen, creemos que la frecuente realización en las aulas de actividades prácticas que poco tienen que ver con la naturaleza del trabajo científico puede provocar que los alumnos y alumnas desarrollen no sólo una visión distorsionada de éste, sino además una mentalidad en la que la realización de un trabajo práctico es igual a la ejecución de un algoritmo cerrado» (Reigosa y Jiménez, 2000).

Resumen de los puntos en común, o divergentes, con la presente:

En general la metodología en la obtención y análisis de datos como la presente, emplea técnicas de búsqueda de fenómenos que se adscriben a categorías. Luego las mismas se utilizan en el análisis, perfilando igualmente pautas de comportamiento en un ámbito educacional del que derivan hipótesis o conclusiones. Ahora, el ejemplo prefiere las técnicas cualitativas de forma más nítida, las que se inclinan a los polos inductivo, constructivo y deductivo frente a sus opuestos. Tampoco se para en descubrir inferencias y causalidades debidas a variables en la pedagogía, que la presente sí introduce y da un papel fundamental. La obtención de datos mediante grabación (aunque también de imagen) es común.

En relación al ejemplo segundo, «Enseñanza por cambio conceptual: De la Física Clásica a la Relatividad».

Cabe destacar que representa la aplicación de uno de los principios filosóficos que animan ciertas epistemologías: las que se ubican bajo un pensamiento constructivista (que luego se mencionan), para atender una parcela de aprendizaje, como la presente, con dificultades añadidas derivadas de los cambios conceptuales que le acompaña. Es ésta una investigación que en la obtención, tratamiento de datos, búsqueda de pautas y fenómenos se inclina aún más hacia los polos inductivo y generativo. (Los datos también se graban).

«Tal concepción constructivista del aprendizaje implica la consideración de dos cuestiones relacionadas: el significado del aprendizaje como cambio conceptual llevado a cabo por los propios estudiantes bajo la supervisión del docente y la enseñanza como un proceso de encadenamiento de sucesivos cambios conceptuales a medida que el alumno progresa en su desarrollo intelectual y cognitivo (Laburu, 1996)» (Alemán y Pérez, 2000).

Y que con base epistemológica en las técnicas de «negociación», contempla ciertas guías metodológicas:

«*Orientaciones sobre la enseñanza por cambio conceptual*. Las ideas expuestas en lo que sigue deben tomarse como guías metodológicas flexibles y ampliamente adaptables a las necesidades específicas de cada situación concreta de enseñanza-aprendizaje. Asimismo, el hecho de presentarlas secuencialmente no significa orden de prelación alguno, puesto que cada una de las pautas siguientes presentan diferentes finalidades susceptibles de ser alcanzadas simultáneamente a partir de la actividad elegida en el aula» (Alemán y Pérez, 2000).

Y se contextualizan:

«Debate explícito de las ideas previas y adquiridas de los estudiantes...
Valoración y análisis crítico de las ideas puestas en discusión...
Justificación explícita de las ideas discutidas, aceptadas o rechazadas».

La investigación comprende una metodología:

«*Metodología de la investigación*. El caso estudiado se centra en un grupo de seis estudiantes que libremente (sin presiones o sugerencias de calificaciones positivas o negativas) decidieron recibir instrucción suplementaria sobre este tema en el transcurso de un seminario voluntario realizado al final del año lectivo 1997-98 (abril-mayo de 1998).

Las sesiones se extendieron durante cuatro tardes, a razón de una sesión de tres horas a la semana, distribuidas en dos períodos de ochenta minutos con un descanso intermedio de veinte. En cada una de dichas sesiones se pasó revista mediante la técnica del debate dirigido a los principales puntos de la teoría de la relatividad, confrontando los nuevos puntos de vista con los adquiridos por los estudiantes a lo largo de su instrucción previa».

Y unos datos que a la vez se configuran con la descripción e interpretación (análisis) de los hechos, en línea con las técnicas de la «observación participante», a la vez de grabación, bajo unos «focos de atención» que se centran en contenidos específicos:

«*Determinación de la simulación de dos sucesos*. Las sesiones comienzan discutiendo la idea de *simultaneidad* entre acontecimientos separados espacialmente. Para ello se utiliza el ejemplo que muestra las diferentes opiniones de dos observadores sobre el momento de caída de dos rayos.

Mediante sencillos dibujos, los alumnos no tienen dificultades en deducir que, si el observador terrestre juzga simultáneamente la caída de ambos rayos, el del tren considerará que ocurre antes la caída del rayo hacia el que él mismo se aproxima».

Y los datos:

«A. Está claro que si, para el observador del suelo, los dos rayos caen a la vez, es porque su reloj marca la misma hora cuando la luz de los dos le llega a él. Pero eso no puede pasarle al del tren.

B. ¡Claro! (Enfáticamente). Porque el del tren se acerca a uno de los rayos mientras se aleja del otro. Por eso la luz de uno le llegará antes que la del otro, y para él uno habrá ocurrido antes que el otro.

A. Esa es la razón por la que los dos observadores no se ponen de acuerdo en la simultaneidad de los sucesos.

C. Pero eso es un efecto del movimiento del tren. Igual que cuando voy en un tren y me parece que se mueven los árboles al lado de la vía. Pero yo sé que de verdad no se mueven, que es una apariencia debida a mi velocidad.

B. Sí, y por eso es el observador del suelo el que tiene razón porque se encuentra en reposo y ningún movimiento lo perturba.

No obstante, se detecta una tendencia espontánea a creer que la percepción del observador en tierra es en cierto modo ‘más real’ que la del viajero del tren. Al fin y al cabo -se dice-, ‘el observador terrestre se encuentra en reposo’» (Alemán y Pérez, 2000).

En conjunto, la investigación tiene en común (además de una metodología que usa transcripciones del proceder de la población), que se enmarca en la exploración de líneas epistemológicas, en torno a un mismo problema concreto: El aprendizaje por cambio conceptual, y unas pautas en la actuación como: la exploración primero de las ideas previas, seguido de tareas de refuerzo, también potenciales recursos.

«En esta opción didáctica, la función del profesor, lejos del mero transmisor repetitivo de conocimientos, cobra una especial relevancia. Por un lado, ha de jugar el papel de guía capaz de indicar los caminos más directos y eficaces para lograr el objetivo deseado -el aprendizaje significativo- planteando problemas instructivos, explorando las distintas ideas con respecto a todos sus proponentes y estableciendo tareas de refuerzo en las que los alumnos practiquen los conocimientos recién adquiridos» (Alemán y Pérez, 2000).

Exploración y descubrimiento de pautas sobre datos brutos, como constatación de segmentos actitudinales son elementos comunes al planteamiento de la presente; y que como revelan las conclusiones de este ejemplo suscriben las de la presente: que existe una falta de adiestramiento por parte de los alumnos (quizá por carencias en su trayectoria anterior o de recursos intelectuales...), para poder acceder con fertilidad a la nueva concepción del Universo en consonancia a como lo describe la Física más actual:

«3. Los modelos de pensamiento de física de Newton, cuando son asumidos plenamente por el estudiante, se resisten a su remodelación con el mismo vigor con que se resistían las ideas

de la física ingenua del sentido común (llamada por algunos 'física aristotélica') a ser sustituidas por las de Galileo-Newton. Esto indica que, si bien puede hablarse de lograr un cierto aprendizaje conceptual (se reconoce la existencia de nuevos conceptos, distintos a los previamente aprendidos) y procedimental (se discuten algunos de sus formalismos matemáticos aplicados a la resolución de problemas sencillos), en otros sentidos, estos aprendizajes son falaces, pues no se asumen verdaderamente las implicaciones físicas y epistemológicas (la 'visión del mundo') entrañadas por las nuevas ideas» (Aleman y Pérez, 2000).

Resumen de los puntos de divergencia y similitud con la presente

La presente investigación quiere ir más allá de lo que el terreno de la descripción cualitativa ofrece (la que representa un listado de fenómenos que se interpretan); y lo que hace al modo de concepciones más empíricas, es la introducción de variables que se hipotetiza son determinantes, y cuyo efecto se controla e incluso se cuantifica. Técnicas que incluyen no sólo «la medición» sino y sobre todo, la comparación y contrastación, sacando a la luz: asociaciones, secuencias y analogías..., instrucción descriptiva sobre la causalidad de los hechos

La atención preferente a ciertos fenómenos: focos de atención, es común a los tres casos. Ahora, la especificidad en ésta es la de que: *más que instalarse en lo que acontece, matiz que también representa un elemento importante, el estudio de inferencias y causalidades se centra sobre todo en lo que concierne al control de lo más pedagógico.*

5.2.2.2. En el ámbito de la pedagogía: antecedentes

La relación con las propuestas epistemológicas de las hipótesis de más consenso

Los fundamentos epistemológicos se suelen incluir en una de las tres tendencias:

- a) Conductista o declarativa.
- b) Fenomenológica o descriptiva.
- c) Constructivista o negociada.

En la primera -a)- el aprendizaje se basa en la creencia en lo que dice la persona indicada, la instrucción se centra en el simple relato, en la suposición de que lo escuchado es asimilado. Esta filosofía que es la más común de los materiales curriculares, en aquellos casos donde se presenta alguna complejidad, como la de los cambios conceptuales, adiverte su ineficacia. La verificación de la primera proposición de este trabajo revela

precisamente, que los materiales habituales tienen pocos recursos en la validez y consistencia necesarios para afrontar los nuevos esquemas.

Este «modo» en el aprendizaje, que simplemente conduce, es objeto de crítica por las deficiencias cognitivas que genera, y así tiene propuestas alternativas: b) y c) que son como «hipótesis contrarias» las que más conviene ahora contrastar, ya que aquí se especula que las mismas tampoco suponen la opción que supera los problemas.

La segunda -b)- cree que la asunción de conocimiento se basa en el interés, por la amenidad o espectacularidad de lo que se estudia, así ponen el énfasis en lo fenomenológico, como la historia de los acontecimientos, el papel que en la misma tienen los descubrimientos, su relevancia...; puede que estas variables sí ayuden a una actitud de implicación, pero si no se acompañan de otros elementos como los asociados a la comprensión, los currículos bajo su filosofía no abundan en ejemplos de fertilidad en un proyecto completo.

(Ejemplos de estos proyectos se pueden ver en los anexos del planteamiento del problema).

La tercera -c)-, integra las que basan la capacitación igualmente en el interés que se suscita, pero que al modo «constructivista» procederá de un ejercicio de reflexión, y diálogo más o menos explícito, en el que entran factores como la credibilidad o la utilidad, con gran componente en la negociación. Ejemplos de propuestas de este tipo son las del anterior ejemplo, que se basan genéricamente en «el aprendizaje por descubrimiento».

Los materiales de este «corte», como también los de tipo a), sí muestran su atención a recursos que se derivan de los métodos de la ciencia; no obstante, y esa es la diferencia con la presente, las mismas no suelen pasar de la «mención», pero no los hacen referente continuo e integrador, que pasaría por la compleja reestructuración que en general se elude. Son experiencias en esta línea las que generalmente se realizan con una selección de alumnos, interesantes en tanto revelan las particularidades de los procesos cognitivos, pero al mismo tiempo ponen de manifiesto la falta aún de recursos para concluir en un proyecto completo, pedagógicamente útil.

Así los logros educacionales aunque no desdeñables, no parecen (en relación al asunto que interesa) llegar a una significación profunda.

«Dado el alto grado de abstracción de los conceptos manejados en esta experiencia didáctica, no ha sido posible efectuar una enseñanza por descubrimiento del alumno, pero no dudamos que la intervención puntual del profesor para introducir los conceptos difíciles, o animar al debate, bien ha valido la pena» (Berenguer A., Andrés R. y Pérez Selles J. -2000-, p. 470).

Son actividades que por ejemplo, ponen énfasis en la explicitación de las ideas previas frente a las que se van adquiriendo.

«Los alumnos exponen sus ideas sobre el contexto de trabajo ilustrado por algún ejemplo, se definen los conceptos tal y como ahora se entienden...

En tercer lugar, se justifica explícitamente la aceptación o rechazo de las mismas.

Persuadirles de que no siempre los procesos causales a los que están acostumbrados, son los que operan en la naturaleza» (Berenguer A., Andrés R. y Pérez Selles J. -2000-, p. 465).

Esta opción con la que ahora se investiga, además de dar también relieve a la unidad del currículo y su actualización, pone el empeño en la supervisión que haga mínimos los recursos, apuesta como diferencia, que sin el rigor puesto en estas exigencias, las propuestas pueden ser sugerentes, quizá importantes, como introspección en el aprendizaje, pero necesitan además quizá de las «herramientas» que superen la instrucción por la simple mención.

«Dadas las sutilezas de la materia elegida (paso de la física clásica a la relativista), la introducción al tema -pues no se excederá de un nivel introductorio- se realizará de forma guiada por el profesor» (Berenguer A., Andrés R. y Pérez Selles J. -2000-, p. 465).

«Las dificultades que encuentran los alumnos para asimilar el punto de vista de la teoría de la relatividad se deben generalmente a su falta de hábito en concebir el mundo físico como un entramado espacio-temporal..., con propiedades geométricas peculiares» (Berenguer A., Andrés R. y Pérez Selles J. -2000-, p. 470).

En clara alusión a la necesidad de la planificación de los esquemas conceptuales bajo el nuevo Paradigma.

Es de señalar que otras tendencias, algunas más eclécticas como la de Osborne (y han servido a los principios filosóficos de esta opción), se han analizado con mayor precisión en el Anexo III de este trabajo.

5.3. RESUMEN Y CONCLUSIÓN FINAL

5.3.1. Los constructos. Hipótesis que emergen

Son fenómenos que resaltan por decir algo o añadir conocimiento en torno a los temas que interesan y se piensa, son generalizables a cualquier proceso de similares características.

Constructo primero: representa la síntesis de estrategias pedagógicas, a las que se ha podido atribuir cierta eficacia en *procesos cognitivos que precisan un cambio conceptual*.

La acomodación de conceptos en el campo de los nuevos Modelos, y Paradigmas de la Física, es doblemente problemático, como conocimientos nuevos cualesquiera necesitan de aquellos procesos de calificación, definición, y justificación en su utilidad, antes de formar parte definitiva de lo que se sabe, pero es que además tienen que desbancar otros esquemas conceptuales por lo general bien arraigados (aunque se aprecie su papel en la aproximación), todo lo cual implica un trabajo adicional. Por ello, este «trabajo» ha de plantearse por parte de la epistemología, que así debe ser elaborada en torno a las necesidades en materia de validación y consistencia que los mismos requieren.

Los recursos pedagógicos que específicamente ahora muestran cierta eficacia, y que podrían sustituir, o ampliar en parte los habituales, como principales características tienen: el cuidado del bagaje de explicaciones sobre los planes y objetivos generales de la Física, una presentación unificada de la misma, no eludir en ningún momento conceptos, esquemas, o procedimientos inclusores o de relación, necesarios a hacerla consistente.

Constructo segundo: refiere los hechos que identifican un talante en el aprendizaje, como por ejemplo «motivación»; los registros que ilustran dependencias y asociaciones hacen pensar ahora, que la causa de implicación más activa es la estructura del currículo, prolijo en herramientas de trabajo. Aserto que se enfrenta con la idea generalizada de que dicha actitud es más bien producto de los diseños curriculares que ponen el acento en lo supuestamente atractivo, o interesante para los alumnos.

Por ejemplo en la mayoría de los materiales curriculares, se elige como principal contenido para Física Relativista hacer aplicaciones del Grupo de transformación de Lorentz del Modelo de la Relatividad a casos que exhiben espectacularidad: como la medida de intervalos temporales o de longitudes. Contrariamente aquí se especula con el constructo, de que son los áridos procesos en la conceptualización, o de desarrollo, los que mejor puedan crear las figuras del contexto para implicar a los alumnos, aquel que les permita analizar, hacer comparaciones, discrepar..., desde el mayor conocimiento de las causas, o un mayor poder de manipulación.

Y es que, frente a la opinión generalizada en que estos temas de Física Moderna «actuales», presentes en todo lo cotidiano, deberían animar a los alumnos a su estudio, lo que realmente la experiencia docente arroja es que a los alumnos en general no les interesa en mayor medida lo técnicamente avanzado (sólo un entusiasmo fugaz suele aparecer ante «cosas» que pueden manejar). Forma de reaccionar lógica sin embargo; la sociedad informa continuamente a estos alumnos, más bien les bombardea con los temas más exitosos de la ciencia actual: videos, satélites, teléfonos que conectan con todo... Así, nada

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_v) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

les sorprende, la simple divulgación no les interesa. Además, las características propedéuticas de este curso -2º Bachillerato LOGSE-, que como objetivo tiene la superación de una prueba externa, crea lógicamente cierta ansiedad, que no es el clima más apropiado para detenerse en averiguaciones y discusiones... Así se especula que la causa del interés mostrado según las relaciones intercategoriales, se debe a la estructura y variables de la epistemología (I y G), consecuentes con dotar a los alumnos de herramientas que les permiten actuar con cierta soltura.

Quizá, como hipótesis, se puede decir que el interés surge del hecho de poder significar, especular, relacionar conceptos, de un Mundo del que han oído mucho, «saben» mucho, pero nunca lo han entendido en profundidad, a la manera que entienden los procesos que se dan por ejemplo, en mecánica o electricidad.

También es de señalar que *D (categoría: simple destreza)*, en sus secuencias de aparición vienen a ratificar este constructo, su frecuencia es mayor al final, tras el debate de los temas, es decir su incidencia como actividad resolutive se produce con la lógica de un proceso que, primero investiga, ensaya recursos, y finalmente concluye. En clara oposición a procesos en los que los recursos de aplicación resolutive inician los temas (epistemologías de corte conductista, o con peso en lo fenomenológico), donde discurre primero la aplicación de un recurso (D), y luego el debate que reconsidera los términos del mismo empleados, *inversión que aquí no parece muy consistente con un aprendizaje significativo*, ya que tiene una base más bien en lo memorístico.

Constructo tercero: el de la necesidad de precisar la ontología, no tanto en determinar qué es lo que se aprecia importante, sino aquello que se juzga imprescindible; idea que subyace en las proposiciones de un mandato en hacer un trabajo necesario, y pendiente: la selección que supone recortes en lo ontológico, que no obvie significantes, pero sólo los necesarios, y no arbitrarios que conforme a los fines y objetivos hagan el proyecto a la vez viable.

El aval de este constructo es ahora el ejemplo de un enfoque curricular que informado en los recursos señalados (lo que ha pasado por la creación de materiales específicos), ha sido *un proyecto que se integra sin más problemas en la enseñanza común.*

Cuarto constructo: refiere como ciertos factores, que parece intervienen en el proceso de reemplazo de esquemas y conceptos arraigados, y ajuste de los nuevos. La persistencia de los viejos esquemas se acentúa por ejemplo cuando se produce algún intervalo de tiempo (T. medio) sin reiterar en los nuevos conceptos desde su instrucción mientras que el plazo largo que incluye su mención les consolida. Y la consecuencia que se sigue de estos hechos es quizá *la necesidad de una educación lo más temprana posible*

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

en el nuevo Paradigma (en la cuantía y complejidad adecuadas al nivel), de este modo, la reiteración de los conceptos sería posible curso tras curso.

Nos preguntamos si los citados errores, vacilaciones, persistencias..., ¿no se hubieran evitado de estar los alumnos instruidos tempranamente en el Paradigma actual?

Quinto constructo (que más bien es un corolario de los anteriores y otra cuestión): en la enseñanza de lo que se está denominando «por cambio conceptual» (CC), lo que finalmente se observa es que *la eficacia de la misma, parece responder finalmente al hecho de establecer una filosofía donde el concepto de «cambio» desaparezca. Es decir, que el empeño se centre en un tipo de epistemología que se instruya desde la globalización precisa, la que les constituya en simple concepto nuevo, que añade sólo complejidad a unos esquemas conceptuales únicos, y para todos los fenómenos físicos.* Cuando esto se potencia, la fertilidad de aprendizaje en los contenidos en Física Moderna se asemeja a la de los Clásicos, lo que es consecuente con la idea de que lo que realmente se hace es desarrollar pedagogías similares en un contexto unificado, que si bien no explicitado sí subyace en los perfiles curriculares habituales para el Modelo Clásico.

5.3.2. Sobre la verdad o falsedad de los fenómenos detectados o subyacentes. Los interrogantes que se plantean

Los asuntos en los que esta investigación se implica, cuestionan fenómenos de aprendizaje intelectual, que además pasan por un proceso de modificación de estructuras de conocimiento. Y trata de precisar en qué modo el perfil de los recursos educacionales que se arbitran, infieren o presentan covarianza con los hechos que se produzcan. Las interrogaciones que se abran, girarán así en torno a las interpretaciones que de estos hechos se han aventurado.

Es éste un trabajo que se instruye fundamentalmente en la utilización de teorías de rango intermedio, que buscan aplicaciones probabilísticas, frente al caso de una gran teoría que postula relaciones causales sin excepción; por lo que los cuestionamientos se producen a lo largo de todo el proceso. Tienen este tipo de teorías «emergentes», un fundamento con mayor eficacia en el uso de estrategias analíticas más flexibles y adaptables. La interpretación y en consecuencia las cuestiones que suscita van tomando postura respecto a la significación de las actividades.

La consolidación teórica bajo estas perspectivas, que en este caso además buscaba algún tipo de verificación, y el estudio parece que sí sirve a dicha tarea en la medida en que

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

especulativamente se formulan resultados; queda no obstante abierto a la ratificación más severa.

Y este pensamiento divergente frente al estilo convergente de los primeros pasos, que descompone datos para luego volver a reconstruirlos de distintas maneras, se abre a la modificación del marco teórico original. *Y es que ahora más que la creación de un enfoque curricular que se ensaya (base logística), lo que más destaca es haber puesto de manifiesto la inferencia del mismo en la enseñanza común, y la cuestión más general del devenir educacional e intelectual del aprendizaje.*

Se trata ahora de precisar cuestiones como: ¿de qué tipo son las variables instruccionales a los procesos de aprehensión de la Física actual? *La escisión en respuestas alternativas de un debate más fino sugiere: ¿son entendidas como elementos y específicos del nuevo Paradigma?; o, ¿más bien representan la preparación del pensamiento en estructuras más generales?, cuestión ésta que va tomando relieve junto a la de que dichos recursos, por su obviedad y por cotidianos (en el hacer de los enseñantes), han sido desplazados al plano de lo que «subyace», y la principal tarea ha de consistir en recuperarlos; y esta investigación cuestiona si por haber sido relegados, cuando deberían proceder a acoger e integrar los nuevos conceptos no están ahí.* Su papel parece se ha confiado sólo al del inconsciente de cada profesor (que generalmente sí utiliza), y *desdibujados han pasado a ser ignorado en los materiales curriculares hasta desaparecer, hecho que como premisa es el problema del comienzo.*

Y abundando en el tema, ¿serán estas variables pedagógicas que se arbitran *un planteamiento imprescindible* y el más eficaz?

Es éste un proyecto que fija su atención en una muestra, que en su pedagogía se presume fértil, y busca en las variables de la epistemología las causalidades de este efecto, y una aplicabilidad generalizable. Ahora la duda es que quizá otros proyectos diferentes, de afanes parecidos obtengan si se pone buen *énfasis* en ello, y no se da *tregua* en su desarrollo un resultado similar, sólo que no constatado por no haberse procedido al registro sistemático de los hechos.

No obstante este juicio bajo la filosofía de este trabajo, es una especulación sin fundamento si no se dilucidan cuestiones que especifiquen: aquello en lo que ha de incidir: «el énfasis»; o que es lo que se ha de presentar: «sin tregua». Así, este trabajo se constituye en realidad en una elección de éstos particulares, en cuyo impacto se averigua tratando de arrojar luz a cómo en cada caso esta idea pueda ser interiorizada por cada enseñante, o ser respuesta a la variedad y perfil diverso de los alumnos.

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M.) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

Otro interrogante que se trata bajo los recursos de la metáfora, el símil, y las analogías, los que relacionan «en apariencia», o temas inconexos, permiten introducir la visión más subjetiva de los alumnos frente al proceso, y en esa relación, por ejemplo, se han extrapolado sintonía y expectativas de conocimiento. Con un resultado *contrario*, al de teorías de consenso; el de que un uso de recursos severos en el aprendizaje, es covariante con la implicación más fuerte, *abre la cuestión sobre qué variable induce a la mejor disposición para el aprendizaje.*

Cierto que esta investigación pone de manifiesto un comportamiento que verifica (o así lo parece) esta cuestión; pero no bajo los planteamientos curriculares al uso, si no, y expresamente cuidando variables y recursos, que seleccionan, e instruyen bajo particular narrativa, que distingue entre ayuda a la significación y lo evaluable. *Porque, en este trabajo se es consciente de que la exposición más analítica y conceptual, si simplemente es llana, sin matices, sin representación visual (que por ejemplo no trasciende a los pasos matemáticos, no clarifica...), sí puede dar rechazo en los alumnos.*

Por último, la introspección del pensamiento que este trabajo hace en averiguar sus pautas, proporciona un bagaje de recursos en el ámbito más general *de la evaluación*. La cuestión ahora es si con ellos realmente, ¿se está implicando a los alumnos a autoevaluarse? *Una evaluación que distingue, por ejemplo, la actuación que aunque inapropiada, sí organiza; perfilando con ello más cuotas. Dado que se ha hecho al alumno más protagonista de su propio aprendizaje señalando los pasos que da, a la manera de las estrategias metacognitivas como: «los mapas de conceptos», o «los diagramas en V de conocimiento» (Novak J, Govin B, 1984).*

Y se cuestiona hasta qué punto realmente han sido determinantes estos elementos en el avance, por una línea de retroalimentación que va más allá de «saber», al «cómo se sabe», y que el sistema de categorías configurado resalta. Punto quizá interesante, como el de arranque que a futuros planteamientos e hipótesis sobre el tema.

5.3.3. Conclusión

La presente investigación tiene puntos en común con otras citadas, lo que es lógico, la misma no supone más que un paso sobre lo que éstas han construido, por lo que en lo que ahora se enfatiza es en las mínimas diferencias. **El dato en común es la importancia que se da a la posibilidad de desarrollar en los alumnos la actitud por implicarse, debatiendo, haciendo crítica, negociando... La mayor diferencia, sin embargo, y que**

CATEGORIAS: M. a) Participación; b) P. máxima; c) Silencio oportuno. A. M_o) Respuesta inducida: a) cortesía; b) apatía; N. No hay atención. S. a) Significación; b) Cierta coherencia. D. a) Destreza memorística, copia; b) Analítica.

SUBCATEGORIAS: I. a) Se relaciona; b) Se puntualiza. G. a) Se aprecia metodología; b) Relación entre lo general y lo particular; F. a) Conflicto, duda; b) Error; c) No se sabe. O. Respuesta inducida; como subíndice de M, S y CC o C, las invalida. CC. a) Cambio conceptual; b) Se aplica CC; c) analítica; d) error específico de CC. C. a) Conocimiento nuevo; b) se aplica; c) analítica; d) error. P. Persistencia de viejo concepto. TM y TL. Intervalos de tiempo: M) Medio (se tratan otros asuntos); L) Largo, se reiteran conocimientos.

se constituye en el sesgo que ahora se considera importante, el de que en todo momento los alumnos dispongan de las herramientas necesarias para entrar en el debate. Luego que de la estructura de las mismas se derive la manera útil a proporcionar los elementos causales mínimos a la significación, lejos de establecer una instrucción por persuasión.

Y frente al interés que los trabajos de antropología, o sociología muestran en los contextos culturales, sistemas de creencias, o estructuras políticas y sociales (examen de la enculturación a lo largo del ciclo vital); **lo que aquí es objeto de atención son aquellos «instrumentos» cercanos a las actividades del aprendizaje, así como éstos pueden actuar en, o paralelamente a los anteriores, a la vez que se apropia de las técnicas desarrolladas para los mismos.** Son actividades que algunos denominan «pseudo-etnografía», que conciernen a pequeños grupos de trabajo, juegos en clases o escuelas (microetnografías), que ahora ven ampliado su espectro de *intereses a las sutilezas del ámbito de la pedagogía*, o como en este ejemplo que destaca sus propósitos, y hace un desplazamiento hacia el polo verificativo en aquellos recursos que se clasifican, y luego contrastan...

La capacidad del método se revela para extraer conclusiones de eventos, que tienen que ver con el comportamiento humano en el terreno de la cognición; mostrando lo que es *un avance sobre una aspiración pendiente de la evaluación educativa: la de poder enfocar los problemas desde el análisis de sistemas, que pone el acento en la medición de variables cuantificables, y generar así datos de fiabilidad, pero subsanando las objeciones sobre su incapacidad para explicar los resultados, cuando la simple medición sumativa no los registra.*

Finalmente, la utilidad de todo esto a largo plazo es también un sexto interrogante: la de un enfoque para el currículo de Física globalizado, y consistente con el Modelo de su Paradigma más actual. Cuando los alumnos se enfrenten a sus intereses: futuros estudios, trabajo u otros asuntos..., ¿de qué manera, la visión integradora, por la que aquí se apuesta de la Física, les podrá servir, ayudar, y favorecer?; o más bien, no les reportará beneficio alguno, ¿e incluso les confunda?

Nuestra opinión es que una visión unificada, más amplia, aunque quizá más compleja, a veces poco «creíble» del mundo físico, sí ha de serles de utilidad. Pero sobre todo, que ha de ser fuente de satisfacción por comprender mejor los mecanismos en el comportamiento de las cosas..., y una mejor preparación a la necesidad de averiguar e imaginar.

«Pensé, además, que para los estudiantes es importante indicar qué es lo que deben ser capaces -si son suficientemente inteligentes- de comprender por deducción de lo que se ha dicho antes y qué se está introduciendo como cosa nueva. Cuando se presentaban nuevas ideas, traté de deducirlas si eran deducibles o de explicar que era una nueva idea sin base alguna en lo que ya habían aprendido» (Feynman R.P., 1972).

ANEXOS

Anexo I. Distintos enfoques para el currículo de Física

De actualización del Currículo. Materiales de apoyo

Es necesario actualizar el currículo de Física, todo el mundo está de acuerdo en ello. No obstante los distintos enfoques que habitualmente sirven de apoyo a los currículos, no son muy convincentes, y no dan los resultados en significación esperados, muchas veces suelen reducirse al formulismo matemático, o se recurre a relatos donde sólo prima la divulgación.

Es así que, con el fin de desarrollar un Currículo de Física para Bachillerato que incorpore el paradigma actual y el estudio de casos que le corresponde, distintos trabajos aparecen como «intentos» de actualización, que se constituyen de formas diferentes:

- a) Aquellos en los que se especula sobre las líneas generales que para el fin señalado deben animar la estructura de la asignatura.
- b) Los que hacen indicaciones sobre aspectos de carácter epistemológico.
Como por ejemplo que sugieren un menor énfasis en procedimientos frente a los conceptos, etc.
- c) Por último, son propuestas para tratar asuntos parciales, con el fin de atender los nuevos conocimientos de los currículos oficiales para Bachillerato.

Ejemplo a): Contiene un conjunto de indicaciones que como reflexión en torno a la enseñanza de la Física más actual, o «moderna», hace el profesor Marcelo Alonso en su artículo «Actualizando el curso de Física General» (1992):

Dos métodos complementarios para describir los fenómenos naturales. Uno utiliza entes localizados o «partículas», es decir, bolas, moléculas, átomos, electrones, etc. El otro utiliza entes extensos o «campos»; se aplica para describir las interacciones fundamentales (gravitacional, electromagnética, etc.).

Dos amplios niveles de energía. Uno es «bajo» (energías mucho menores que mc^2), correspondiente al mundo que normalmente tratamos, descrito con éxito por la física Newtoniana-Maxwelliana y la mecánica cuántica. El otro es «alto»; es el mundo de la relatividad de Einstein y la teoría cuántica de campos corresponde en su mayor parte

a procesos que implican partículas elementales. (Por supuesto la teoría de Einstein de la relatividad y la teoría cuántica de campos implican algo más que las altas energías).

Dos clases de leyes físicas. Una clase es «fundamental», como las leyes de conservación, las leyes que describen las interacciones fundamentales (gravitación, electromagnetismo, etc.), las leyes de la termodinámica, las leyes de la simetría, etc. La otra clase es «empírica» o «fenomenológica», como las leyes del rozamiento y la viscosidad, la ley de los gases, la ley de Ohm, la ley de Fick, etc., que implican un gran número de unidades o componentes (átomos, moléculas, etc.).

¿Cómo debería enseñarse el CIF?

De manera que los estudiantes adquieran:

Una comprensión cualitativa y cuantitativa de los conceptos básicos de la física (en particular las nociones de espacio, tiempo, materia y energía, etc.

- *Dinámica.* El primer problema, cuidadosamente analizado por E. Mach en 1883, es la dificultad de definir operacionalmente la fuerza como un concepto primario, independientemente de la ley de Newton (Alonso M., 1992).

Ideas que giran en torno a la síntesis y globalización de la asignatura.

Así considera: que una única ley con validez general es la de la conservación del momento; y que el método lógico sería proceder desde un análisis «micro» de los fenómenos a un análisis «macro», mejor que al revés, como se hace a menudo, o comenzar la enseñanza de la dinámica insistiendo, en que nada ocurre en este mundo a no ser que dos o más partículas interactúen entre ellas, «intercambien» sus momentos; y que el momento se conserva en *todas* estas interacciones. Una presentación de la Física que unificada incide en la idea general de una partícula «mensajera» o bosón, llamada momento, «*puede hacerse aunque con una breve mención*», y en esa línea, que la fuerza es simplemente una medida del grado de ese «intercambio» del momento ($F = dp/dt$). Para concluir con el importante hecho experimental que es el que sea posible asignar expresiones matemáticas específicas al grado de «intercambio» (la fuerza) de ciertas interacciones (la ley de Newton de la gravedad, la ley de Coulomb, la ley de Ampere, etc.) que es lo que hace el concepto de fuerza tan útil. De este modo, como los físicos «modernos» ven la interacción entre partículas elementales, sirve a la idea particular que, sólo en los casos en los que la fuerza (grado de «intercambio» del momento) haya sido identificada experimentalmente, es posible utilizar $F = ma$ para analizar el movimiento de una partícula e ignorar las otras partículas con las que interactúa. La objeción al procedimiento es que hay muchas fuerzas «macroscópicas» que aparentemente no se asocian a ningún intercambio de momento. Este es el caso, por ejemplo, de empujar y tirar o fuerzas «estáticas», de deformación de los cuerpos, o fuerzas entre imanes, etc., la respuesta es que esas fuerzas «macroscópicas» son consecuencia de un gran número de fuerzas «microscópicas».

Luego, leyes y teorías se aplicarían a cada caso, o fenómeno como los que se circunscriben a la Termodinámica, en donde el método para tratar sistemas con muchas partículas es diferente del de sistemas con dos o pocas partículas y requiere consideraciones estadísticas, pero abundando en que se aplican las mismas leyes básicas.

Un aspecto que no enfatiza suficientemente en el IPC (y a menudo se ignora completamente) y para el que es más conveniente la aproximación estadística, es la diferencia desde el punto de vista termodinámico entre sistemas «cerrados» y «abiertos», y si los sistemas están cerca o lejos del equilibrio. Un sistema cerrado alcanza

finalmente un estado de equilibrio estático y después no ocurre nada interesante, mientras que el comportamiento de un sistema abierto lejos del equilibrio puede ser impredecible, incluso caótico, dependiendo de los factores externos (Alonso M., 1992).

Y en una misma línea, trata ahora los elementos de la Física más actual, con sus ecuaciones de estado propias, y según su comportamiento «particular» o Modelo.

Una manera de «actualizar» el CIF es explicar gradualmente a los estudiantes, desde el comienzo del curso, algunos de los aspectos más relevantes de la estructura de la materia. El cálculo del CM y del momento de inercia de una molécula son ejemplos de cómo «modernizar» los conceptos tradicionales en mecánica. Al discutir el movimiento oscilatorio y el de rotación se puede hablar a los estudiantes de la cuantización de las energías moleculares de vibración y de rotación, y más tarde, en termodinámica, explicarse cómo la cuantización de las energías moleculares afecta a las propiedades térmicas de la materia.

La revolución conceptual real de los años veinte fue reconocer que el comportamiento de las «partículas fundamentales» en regiones tan pequeñas puede describirse con éxito por un campo de materia «complejo», determinado por el medio ambiente físico de la partícula, normalmente representado por una energía potencial. El siguiente punto que se debe aclarar es un «campo de materia» se obtiene resolviendo la ecuación de Schrodinger (en este nivel no hay necesidad de resolver la ecuación, como ya se mencionó, excepto quizás en unos casos muy simples). En este aspecto se debería explicar a los estudiantes que la ecuación de Schrodinger «no» es una ecuación de onda (es de primer orden en el tiempo con un coeficiente imaginario), sino más bien una ecuación de «campo», y por lo tanto el campo de materia no es similar a las ondas elásticas y electromagnéticas. Finalmente, el estudiante puede fácilmente reconocer que una «partícula» en movimiento debe describirse por un pulso viajero de «campo de materia» afectado por la energía potencial y, como todos los campos, por las condiciones en los límites en la región en la que se propaga, dando lugar a fenómenos «similares» (no idénticos) a la dispersión, interferencias y difracción de ondas electromagnéticas. (No mencionen, por favor, la longitud de onda de una pelota porque es una tontería) (Alonso M., 1992).

Ideas que han supuesto un punto de partida o guía a este proyecto, y que suscritas por otros sectores, o investigadores sugieren que existe la posibilidad de cambiar los perfiles de la epistemología bajo creación de recursos, los que de hecho van a generar procesos de enseñanza-aprendizaje nuevos, cuyo devenir y dependencias entre las variables será ahora el objeto de investigación.

Un discurso puesto el énfasis en la clarificación de conceptos, y la globalización (2ª proposición de este trabajo).

En relación al apartado b): los que más sugieren cuidar la epistemología: el trabajo que sigue de los profesores Solbes, Calvo y Pomer: señala una problemática, consecuencia de los métodos actuales que dan preeminencia a «la declaración», con lo que se propicia la memorización.

Son trabajos como «El futuro de la Enseñanza de la Física» de Solbes, Calvo y Pomer (1994):

Problemas en la enseñanza de la Física. Tanto la didáctica de la Física como la experiencia de los profesores coinciden en señalar que en los estudiantes no se produce un aprendizaje significativo, sino memorístico. Por ello, los conceptos se olvidan fácilmente y no son aplicados a nuevas situaciones (Novack, 1982). Este problema también es señalado por profesores como Feynman (1985), basándose en su experiencia docente: «los estudiantes se habían

aprendido todo de memoria, pero no sabían el significado de nada». Y atribuye esta dificultad para un aprendizaje significativo de la Física, en gran parte, al método de enseñanza.

También el propio Feynman (1971) plantea la necesidad de actualizar los currículos de física: «Muchos habían oído hablar de lo interesante y estimulante que es la física: la teoría de la relatividad, la mecánica cuántica y otras ideas modernas. Pero se les hacía estudiar planos inclinados, electrostática y cuestiones por el estilo».

Se ha señalado que los alumnos no aprenden a resolver problemas, sino únicamente a comprender y memorizar soluciones explicadas por el profesor, a la aplicación mecánica de las matemáticas, de las «fórmulas», lo cual conduce a que los alumnos se limiten a reconocer problemas (Solbes, Calvo y Pomer, 1994).

En lo que se refiere a los contenidos, se valora lo conceptual aunque también el marco histórico. Para finalizar poniendo énfasis en aquellos que se consideren «básicos» o capaces de «generar estructuras»:

Nuevas ideas sobre la enseñanza-aprendizaje de la Física. Todos estos problemas hacen necesario un replanteamiento, una revisión, de la enseñanza de la física: de sus objetivos, de sus contenidos, de los métodos para enseñarla y evaluarla.

Por lo cual, es necesario tener en cuenta:

- La estructura de la disciplina, incluyendo no sólo los contenidos conceptuales, sino también la forma en que los científicos abordan los problemas (es decir, las características del trabajo científico), la historia de la física (los problemas que originaron la construcción de conocimientos, cómo éstos llegaron a articularse en teorías, cómo evolucionaron, cuáles fueron las dificultades, etc.) y los desarrollos científicos recientes, para poder transmitir una visión dinámica, no cerrada, de la Física.

En cuanto a los contenidos, es necesario tener en cuenta el crecimiento casi exponencial de la física, en tanto que el tiempo que se le asigna permanece constante o disminuye.

Es necesario seleccionar la materia a estudiar, sin pretender ver todo lo que consideramos importante, pues ello conduce a tratamientos superficiales que deforman la imagen de la ciencia y no proporcionan conocimientos durables.

Hay que seleccionar los conceptos más básicos y generales, es decir, aquellos que reflejan problemas fundamentales de la materia, capaces de generar estructuras (Solbes, Calvo y Pomer, 1994).

Se justifica la necesidad de actualizar el Currículo de Física de Bachillerato, por ejemplo, porque así lo requieren los cambios conceptuales más recientes, pero se acentúa poco que es porque es conforme a sus objetivos y forma de trabajar, en la que los mismos son importantes o imprescindibles. Más bien se menciona la relevancia histórica, o se habla de «importancia de sus aplicaciones».

Consideramos que hay una serie de razones que justifican la inclusión de algunos conceptos básicos de Física Moderna en el nuevo bachillerato (Gil y Solbes, 1993). Entre ellas podemos mencionar las siguientes:

- La Física Moderna contribuye a dar una imagen más correcta del desarrollo de la física, dado que es un claro ejemplo de cambio conceptual.
- La creciente importancia de sus aplicaciones en nuestra sociedad (como la electrónica o la física nuclear).

- El interés manifiesto de los alumnos no sólo por dichas aplicaciones, sino también por aspectos más teóricos.
- La Física Moderna puede producir una mayor comprensión de la Física Clásica al mostrar sus límites de validez y las diferencias entre ambos paradigmas.

En la Física de la LOGSE aparecen temas como Óptica, Electromagnetismo, Física Moderna, o temas transversales como las interacciones CTS, que antes no aparecían (o, aunque apareciesen, no se impartían). Por ello, es conveniente realizar cursos de actualización científica y didáctica en Física para el profesorado en activo» (Solbes, Calvo y Pomer, 1994).

Conveniencia que justifica implicarse como en lo que constituye la 2ª hipótesis de este trabajo.

Otro ejemplo b): Pone de manifiesto esta importancia de los Modelos y Teorías en la Física, particularmente los más actuales; también a cargo del profesor Marcelo Alonso, «La dualidad onda-partícula, ¿misterio o mito?»:

En este momento, o preferiblemente antes al discutir la interacción de la radiación con la materia, el estudiante debería aprender que el concepto Maxwelliano de las «ondas» electromagnéticas no es adecuado para explicar procesos en los que tenemos que localizar la «radiación», tales como la emisión y absorción de radiación por átomos o moléculas (para las que se aplica $E = h\nu$ y $A p(atom) + A p(rad) = 0$) o la dispersión de la radiación por electrones libres (efecto Compton), y que estos procesos, en los que se intercambian la energía y el momento entre materia y radiación, necesitan la introducción de una «partícula» de la radiación o «fotón». Esta es una buena razón de por qué, en el IF, el análisis del efecto Compton debería preceder a la radiación del cuerpo negro y al efecto fotoeléctrico, incluso si eso significa invertir el orden histórico.

Una «partícula fundamental» se describe, siempre y en todas las circunstancias, por un campo de materia cuantizado; si el comportamiento del pulso de campo de materia se puede asimilar o no al de la partícula clásica depende del tamaño de la región donde lo observamos y del tipo de medida que realizamos; además el pulso de campo de materia nunca se comporta como una onda clásica (porque no es una onda, sino un campo cuantizado), y un fotón nunca se comporta como una partícula clásica (porque no es una partícula, sino un campo cuantizado). En nuestra experiencia los estudiantes del CIF no tienen dificultades con esta aproximación, que hace los hechos más inteligibles y está más de acuerdo con el pensamiento «moderno» (Alonso M., 1994).

Ejemplo c): También artículos sobre los últimos avances en Física pueden proporcionar ideas sobre los elementos que deben irse incorporando en su didáctica, así escribe Antonio Dobado: «Sobre el descubrimiento del último quark» (1994).

Deja en este artículo constancia de cómo en la evocación de la Física más actual las alusiones al Paradigma de la misma son imprescindibles.

En el pasado mes de mayo saltó a los medios de comunicación la noticia del posible descubrimiento del llamado quark *top* por la colaboración CDF (Collider Detector at Fermilab) del acelerador Tevatrón del laboratorio Fermi de Chicago (Femilab). El quark *top*, acompañado de su correspondiente antiquark, habría sido producido en varias ocasiones como resultado de las colisiones protón-antiprotón ocurridas en el Tevatrón a una energía en el sistema centro de masas de aproximadamente 1.8 TeV. Aunque la evidencia no es todavía absoluta, muchos

especialistas coinciden en afirmar que, dentro de algo más de un año, cuando los datos que se están tomando en la actualidad sean analizados, la existencia del quark *top* quedará plenamente establecida.

A la vista de esta situación, es quizás el momento de reflexionar y plantearnos cuál sería la relevancia de la confirmación del descubrimiento del quark *top* y cómo se enmarca en nuestra imagen actual del mundo subatómico. Para responder a estas cuestiones habría que remontarse al primer tercio de este siglo. Durante este revolucionario período de la historia de la física se establecieron los dos marcos teóricos en lo que se fundamenta toda la Física Moderna, a saber, la Teoría de la Relatividad y la Mecánica Cuántica.

Del estudio de los espectros de emisión de las galaxias lejanas se concluye que también están compuestas del mismo tipo de átomos que encontramos en la tierra. La conclusión es que toda la materia conocida del universo, y esto incluye nuestros propios cuerpos, está formada casi exclusivamente de electrones, protones y neutrones.

A parte de los elementos constitutivos de la materia, es fundamental poseer una descripción de las fuerzas que actúan entre ellos y que dan lugar a las diferentes formas de agregación que brevemente acabamos de describir. *Básicamente existen cuatro fuerzas que pueden distinguirse con claridad* (Dobado A., 1994).

Ejemplo c): En este caso se hacen consideraciones en torno a asuntos concretos y parciales de los contenidos: «Una propuesta de contenidos para una unidad temática: introducción a la teoría de la relatividad especial», de Angel Calvo y Juan José Seguí (1992).

Es una propuesta en la que se da prioridad a los acontecimientos que finalmente desembocan en el cambio conceptual asociado a la Física de hoy, lo cual es necesario, y habría que resolver luego la forma de entroncarlo en el marco más general.

Como la unidad se enmarca en el bloque temático «Introducción a la Física Moderna», se empieza justificando el nacimiento de lo que se va a llamar «Física Moderna» a partir de la crisis que experimenta la Física Clásica, al no poder explicar ciertos fenómenos experimentales aplicando los principios y leyes que tan firmemente estaban establecidos a finales del siglo XIX. Esto es:

- La Mecánica Newtoniana, cuyos principios se aplicaban a gases, líquidos y al calor.
- La Teoría electromagnética de Maxwell, que explicaba los fenómenos hasta entonces considerados desconexos de electricidad, magnetismo y óptica.

Para no dar la sensación de que todo el conocimiento elaborado hasta aquí va a resultar inútil ante el surgimiento de una «nueva Física», se hace una breve recopilación de los aspectos más sobresalientes estudiados en la Física Clásica (desde Galileo a Maxwell), destacando:

- El conocimiento del movimiento terrestre y celeste que proporcionó la Mecánica.
- Los principios uniformadores de la Física, que han sido trabajados el curso anterior: conservación de la masa, de la energía, de la cantidad de movimiento, de la carga, como expresión de la unidad de la materia.
- Las revoluciones tecnológicas y sociales que se desencadenan con la aparición de las máquinas térmicas, la disponibilidad de energía eléctrica, la aplicación de las ondas electromagnéticas.

Para dirigir la atención del alumnado hacia el tema que pretendemos abordar, se recuerda la imagen que del comportamiento de la materia introdujo la Física Clásica (en concreto, qué idea se tiene del espacio, del tiempo, de la materia y de las radiaciones). Esto es:

- El espacio existe independientemente de los cuerpos que contiene y no ejerce ninguna acción sobre ellos.

- El movimiento de los cuerpos en este espacio absoluto transcurre en una escala temporal también absoluta.
- Los cuerpos interactúan produciendo modificaciones en su estado de movimiento conocidas por las Leyes de la Mecánica.
- La materia está constituida por partículas (átomos), y la radiación es energía sin soporte material (Calvo y Seguí, 1992).

Lo que se hace es mostrar un modo en declarar el nuevo Modelo y sería importante luego señalar en su significación por qué es necesario, qué resuelve, conforme a qué objetivos, etc.

Respecto de los hechos que originaron la crisis de la Física Clásica se citan:

- Los espectros continuos de sólidos y líquidos incandescentes.
- Los espectros discontinuos de los átomos en estado gaseoso.
- La inestabilidad del átomo de Rutherford.
- El efecto fotoeléctrico de Einstein.
- El carácter de sistema en reposo absoluto del espacio (Calvo y Seguí, 1992).

En ese sentido las experiencias que conducen al Modelo actual se muestran de interés.

Es a este último punto al que se refiere nuestra unidad.

Se puede hacer una breve referencia al experimento de Michelson-Morley para poner en evidencia el fracaso en la búsqueda de un sistema de referencia en reposo absoluto, y comentar que este experimento no motivó la aportación de Einstein de la Teoría de la Relatividad Especial.

La experiencia siguiente se describe con precisión, sirve en parte a la introducción que justifique por qué al Método le son necesarios los referenciales o la descripción del comportamiento de los mismos.

Se plantea a los alumnos la siguiente actividad: aceptando que la Tierra se mueve respecto al éter con velocidad v y siendo e la velocidad de la luz en dicho éter, calcular el tiempo que la luz emitida por el foco F alcanzará una pantalla P (situada a una distancia d) en dos casos:

- a) Cuando el foco se acerca a la pantalla.
- b) Cuando el foco se aleja de la pantalla.

La respuesta inmediata es que respecto al éter (espacio absoluto) la velocidad de la luz sería e , de acuerdo con las Transformaciones de Galileo, $e+v$ en el caso en que la Tierra se mueva en sentido contrario a la propagación de la luz, y $e-v$ en el caso en que se mueva en el mismo sentido.

Es decir, el tiempo que tarda la luz en recorrer la distancia d dependerá de la dirección en que la luz la recorra (efecto Doppler, ya estudiado en el tema de ondas) (Calvo y Seguí, 1992).

La idea de hacer que el alumno se ponga en el lugar del investigador es buena, ya que el cambio conceptual que se muestra es fundamental, pero debería estar claro que previamente ha de haber información de por qué es importante lo que se investiga y para qué, y que se trata de algo muy general a toda la Física, como es el grupo de transformación que asociado al Modelo que se considere bueno.

Con esta idea, Michelson y Morley diseñaron un interferómetro para poner en evidencia las diferencias de tiempo previstas. Pero el experimento siempre dio resultados negativos: la velocidad de la luz c no se veía afectada por el movimiento de la Tierra. O, dicho de otro modo, la velocidad de la luz para todos los observadores, cualesquiera que fuera su velocidad respecto al éter, era siempre la misma.

Sobre los postulados básicos de la Relatividad Especial

1. Todas las leyes de la Física son invariantes en sistemas de referencia inerciales (Principio de la Relatividad Especial).
2. La velocidad de la luz en el vacío tienen el mismo valor c en todos los sistemas de referencia inerciales (Calvo y Seguí, 1992).

Se sigue con las consideraciones sobre lo que para las magnitudes representa el nuevo Modelo. Para los conceptos como masa o simultaneidad se muestra como necesario, se produzcan nuevas definiciones y una nueva concreción sobre su papel y esencia.

Sobre algunas implicaciones de la Física Relativista

La dilatación del tiempo y la contracción de la longitud:

Desde la idea de no utilizar en exceso las matemáticas, la modificación del concepto de tiempo se ilustra analizando el comportamiento de un «reloj de luz», que tan claramente se recoge en la bibliografía: una constancia en la velocidad de la luz obliga a admitir tiempos diferentes para observadores diferentes, y a establecer la relación entre estos tiempos.

La simultaneidad. Tras definir lo que se entiende por «suceso», como algo que ocurre en un determinado instante y lugar..., y por «sucesos simultáneos» como aquellos que ocurren al mismo tiempo...

Se concluye que en general dos sucesos simultáneos para un observador no lo son necesariamente para otro que se mueva respecto al primero. Y puesto que no hay ningún sistema de referencia mejor que el otro, ambos observadores tienen razón. La simultaneidad no es un concepto absoluto.

La equivalencia entre la masa y la energía. La equivalencia masa-energía la introduce como una modificación de las leyes fundamentales de la Mecánica clásica, debida a los cambios en los conceptos cinemáticos; y no como una aproximación para altas velocidades.

La relación de equivalencia entre la masa y la energía se aprecia desde las palabras del propio Einstein: «La masa de un sistema de cuerpos puede considerarse precisamente como una medida de su energía. La ley de conservación de la masa de un sistema equivale a la ley de conservación de la energía». Y se ha evidenciado en la Física nuclear y de partículas (Calvo y Seguí, 1992).

Y continuando con declaraciones del Modelo del Paradigma, se sigue en ese énfasis que se pone en los nuevos marcos conceptuales:

El Principio de equivalencia

El enunciado del Principio de equivalencia vendría a ser la antesala de la Teoría General de la Relatividad; que extiende la Teoría Especial a sistemas de referencia no inerciales.

Este principio es aplicable a todas las ramas de la ciencia.

Esto es: los resultados experimentales obtenidos en un campo gravitatorio de aceleración g , son equivalentes a los obtenidos en un sistema de referencia con aceleración $a = g$ (Calvo A y Seguí J., 1992).

Ejemplo c): «Elementos de relatividad y de cuántica», a cargo del profesor Jordi Solbes.

Como en el anterior ejemplo, justifica la necesidad en este nivel de contenidos en Física «Moderna».

La ausencia de textos y materiales que introduzcan en nuestro país la Física relativista a este nivel, está provocando que no se enseña en la Física de segundo de bachillerato o que se imparta a un nivel elevado porque se utilizan textos de Física general.

La alternativa que proponemos consiste en mostrar cómo las experiencias mecánicas no permiten distinguir entre un sistema en reposo y otro que se desplace con movimiento rectilíneo uniforme. Queda pendiente el problema de la diferenciación por medio de otro tipo de experiencias (ópticas, por ejemplo) (la existencia de un espacio y tiempo absolutos). La crítica de estas ideas es esencial porque, de lo contrario, permanecen en la estructura conceptual, reconciliadas con las ideas clásicas, considerando la dilatación del tiempo o la contracción de la longitud como distorsiones en la percepción (Solbes J., 1996).

De nuevo la necesidad de un enfoque en los contenidos que permita incorporar estos cambios conceptuales, y que apunta como necesario, haber definido con rigor los conceptos implicados, o aquello que podríamos consignar como cierto.

Existe cierta controversia sobre la conveniencia de introducir la masa relativista. La mayoría de los autores de textos de Física general optan por hacerlo, en tanto que los textos no lo hacen. Consideramos (Gil y otros, 1988), que es conveniente introducir la masa relativista m por razones didácticas. Puede favorecer una interpretación correcta de la relación $E = mc^2$, al mostrar la variación de la masa con la velocidad como una variación que tiene lugar al comunicar energía cinética al cuerpo, es decir, como una consecuencia de la equivalencia masa-energía.

Justificar la estructura nuclear exige la introducción de una nueva interacción en cuyo estudio no podemos emplear la noción Newtoniana de fuerza. Resulta más conveniente un análisis basado en la energía de ligadura que podemos determinar cuantitativamente a partir del defecto de masa, resultando así una verificación espectacular de las ideas de Einstein. (Solbes J., 1996).

Y así en relación a la Física cuántica:

Nuestra propuesta no pretende tanto «contar» la historia del tema tratado, como extraer de dicha historia los problemas significativos y poner al alumno en situación de abordarlos. Por ello, iniciamos el estudio de los fenómenos cuánticos con dos de los problemas que originaron la crisis de la Física clásica: el efecto fotoeléctrico y la existencia de espectros atómicos.

Conviene hacer notar cómo las ideas introducidas de cuantización, comportamiento cuántico de los fotones, electrones, etc. (cuantos) y probabilismo, constituyen las principales características de la Física cuántica y permiten

dar respuesta a sus preguntas básicas: ¿cómo se define el estado de un sistema y qué magnitudes lo caracterizan?, ¿cuáles son los valores posibles de cada magnitud?, ¿cuál es la probabilidad de encontrar cada uno de esos valores si se realiza una medida? y ¿cómo evoluciona el estado del sistema en el tiempo? Las soluciones más generales a estas preguntas son los principios de la Física cuántica.

Para finalizar es muy adecuado realizar un resumen de las diferencias más notables entre Física clásica y moderna, los límites de validez de la Física clásica y mostrar las grandes posibilidades de nuevos desarrollos científicos y tecnológicos que abrió la «nueva Física». (Solbes J., 1996).

Se resaltan cuestiones como ¿por qué interesa el «estado» de un sistema?, o ¿qué es el «valor» de una magnitud?, o ¿qué son ellas mismas?; es decir, en los elementos principales del Método.

Anexo II. Análisis de materiales (textos de COU, LOGSE, programaciones, y algunos trabajos que tratan asuntos parciales). Los datos en la evidencia de los juicios de la 1ª proposición

Introducción

La principal pauta que guía este análisis de materiales, si su planificación está en consonancia con la Metodología científica, y actual Paradigma.

Importante particular, por la atención que supone a las fuentes epistemológicas que sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje subrayan, cómo los mismos se configuran principalmente sobre la base del bagaje de los conocimientos ya aprendidos, y consideran necesario propiciar en cada momento, una continuidad o aquellos elementos que armonicen cada contenido con los anteriores, y mejor aún bajo un plan general.

Y lo que se hipotetiza es que esta trama necesaria, el hilo conductor donde ubicar todo conocimiento bajo una estructura, en el rigor de la Metodología científica, no se aprecia de hecho en los materiales vigentes.

Es decir, un *Plan Curricular*, el cual debería indicar los objetos y objetivos, guiar el modelo didáctico, la selección de contenidos, los recursos de trabajo, temporización, evaluación, revisión, etc., y principalmente el papel en él del *Paradigma*, que obviamente debería ser el ACTUAL, es lo que se busca; o bien si las referencias al mismo son esporádicas, o añadidos, o si se mezclan los llamados Paradigmas clásico y actual. En definitiva, ver en qué manera se cuida: qué es lo que se estudia, para qué y con qué recursos:

- a) Los objetos de estudio de la Física. Percepción y evaluación de los mismos.
- b) Objetivo que persigue.
- c) Recursos que es necesario arbitrar.
- d) Resolución de cada caso.

El análisis de textos y programaciones en los aspectos señalados muestra de forma específica las deficiencias en estructura y conceptualización que se cuestionan.

Así, en relación a estos apartados a, b y c, se destaca:

Respecto al a): *Elementos que deberían estar presentes en unos materiales acordes con un currículo actualizado*. El tipo de introducción que requiere la Física en general presenta, pero sobre todo como base a los contenidos concretos de U.D. en Física Moderna, una complejidad que no aparece en ningún texto o material actual, y lo más importante: que dicha y aparente

complejidad aquí, ahora se piensa no es gratuita, sino que a su ausencia es atribuible la dificultad, y en última instancia deficiencias en los intentos por incorporar Física actual a programaciones de Bachillerato.

En los materiales didácticos vigentes, se viene dando por sentado que la percepción, medida y «comprensión» de conceptos como el de magnitud, objetos primeros de estudio, es algo inmediato. *No se llega a aclarar que es el de suceso, el que en realidad se está manejando por reunir en sí lo que es observable, y su evolución en sus cuatro componentes el objetivo fundamental.* Aspectos que quedan enmascarado al dividir los contenidos en parcelas como: «vectores», «cinemática», «dinámica», «electricidad», «ondas», etc., sin interrelación, sin jerarquías y sobre todo que mezcla objetivos y procedimientos con los propios objetivos de estudio.

El concepto *de suceso* parece sencillo pero es necesario tener presente que no existe tal sencillez en su declaración: para comenzar es «algo» material aquí y ahora. Concepto que está sujeto a la apreciación relativa, depende de condiciones arbitrarias con carácter axiomático (como en el Modelo clásico, el supuesto de vivir en un espacio con geometría Euclídea), y de lo que consignamos como cierto, lo que denominamos Postulados o Leyes. Apreciamos, «sentimos» un suceso (ya que en definitiva percibimos el mundo físico a través de la sensibilidad de que disponemos, limitada y engañosa), y porque éste nos envía *información*, en última instancia *luminosa*. Luz que no llega instantáneamente, es decir en el «instante» de producirse el suceso, lo que obliga a arbitrar más procedimientos, aquellos que permitan cuantificar las informaciones de manera útil a nuestros propósitos. La secuenciación en la llegada marca lo que denominamos *separaciones espaciales* o de *tiempos*, cada separación se obtiene manteniendo constantes las demás. Magnitud vendrá a constituirse así en separación. Y sin estas particularidades que ligan magnitud con el concepto de referencia, los Modelos que describen a éstos quedan así desdibujados en su papel de introducción a la asignatura.

Otro concepto importante por lo mismo es el de dimensión: Cada suceso va a necesitar cuatro parámetros de identificación en su posición: tres de su separación a un «referencial arbitrario», en el espacio tridimensional (3D), y el tiempo, separación al «origen de tiempos», también arbitrario. Dos sucesos se separan por el tiempo (en igual posición 3D) y lo llamamos evolución en el tiempo. Dos sucesos se separan en el espacio o persisten en él, en un instante.

En cuanto a la masa, habría que hacer precisiones similares, como cualidad que identifica objetos «separados» en el e-t y nos envía información que es también material (energía). Que su *cuantía* o medida, depende de su inercia u oposición a la variación entre las anteriores, y un concepto capaz de producir tal variación: la interacción o fuerza. (Luego, la carga eléctrica se pone de manifiesto por similares apreciaciones, como fuerza particular).

Un proceso todo, en definiciones y declaraciones, donde lo observable es una realidad función de la capacidad de apreciar proximidades, y una evaluación respecto a referenciales. Pilares todos ellos de la Física Moderna, que cuando faltan, se postula que la misma ha de tener una ubicación precaria.

«Tan sólo son preservadas por el grupo las características topológicas de los sucesos: esto es la noción de coincidencia de dos sucesos y la noción de proximidad en el espacio tiempo de dos sucesos. Por consiguiente, tan sólo estas dos nociones son objetivas o fácticas en relatividad general, todo lo demás es arbitrario o convencional.

Se trata de un resultado notable. En palabras de Schilick, pues las características objetivas son precisamente las características observables del mundo» (Friedman M., 1991).

En relación a b): El objetivo de la Física. Que la misma centra sus esfuerzos en la evolución de los constituyentes de los sucesos o ecuación del movimiento, en función de las variables que se elijan.

La consecución de la misma no es inmediata, requiere ciertas reglas o pasos que además incluyen la «buena» conceptualización de los asuntos del apartado c).

- 1º Cuantificación o medida de las magnitudes implicadas, que es el paso previo a manifestar su dependencia.
- 2º Creación del marco de supuestas verdades, que es lo que representa la declaración de un Modelo.
- 3º Resolución de la expresión puntual de la ecuación por cada sistema elegido, es recurso válido para ello la transcripción analítica de las Leyes o Principios de la Física, lo que pasa por la constatación empírica, luego se concluye con la ecuación de cada caso de fenomenología particular.

Como se aprecia, pasos condicionados a su vez por una buena conceptualización de los asuntos de a).

En relación a c): Recursos. En primer lugar, lógicamente, aquello que permite percibir y luego hacer cuantificable los objetos de estudio que construyen la ecuación de estado. Además, es de destacar que dichos recursos se basan muy principalmente, en el acuerdo de las magnitudes físicas con los algoritmos de las matemáticas.

El recurso de arbitrar modelos:

Posición y tiempo necesitan de un referencial y axiomas, como el 2º Postulado del Modelo actual: *la constancia en la medida de la velocidad de la luz*, será nuestro patrón fiable de medida desde los únicos recursos de diferenciación que poseemos: la capacidad de apreciar separaciones y las coincidencias. Por ejemplo, cada separación espacial será la que desde el tiempo que tarda la luz en viajar entre los dos sucesos ésta nos marque; pero el tiempo de «vuelo», ¿cómo se mide? De nuevo desde la confianza en valores no constatables o axiomáticos: de nuestra habilidad en descubrir *relojes* (secuencias de sucesos de aparición «constante»): el día y la noche, quasares, pulsares, etc., fenómenos de aparente regularidad.

Luego, *en relación al 1º*: el conjunto de declaraciones en torno al supuesto comportamiento de los objetos, se constituye en Modelo; hoy por hoy el de mayor acuerdo con los datos experimentales es el que se fundamenta en estos Postulados de la Relatividad, informando el Paradigma actual, que infiere en la relación de los parámetros y en el significado de conceptos como energía, tiempo... El concepto de Relatividad además conduce al Principio de Equivalencia o un modo de pensar que prescinde de lo absoluto, ideas como un Universo que si se ralentiza o dilata no lo notaríamos, podremos vivir en un Universo no Euclídeo, como por ejemplo con

geometría de Lobatschewki (que hace variar la medida de las cosas a medida que evoluciona en el e-t, «parecido a una pecera en la cual sus habitantes aumentan de tamaño al aproximarse a la superficie»), y no lo apreciaríamos.

Por último, y *en cuarto lugar* d), aquellos recursos ahora de carácter específico que conducen para cada fenómeno a su ecuación particular, conjugando los factores que, como bien señala el profesor Alonso, surgen, por un lado, de aplicar una metodología general y sus leyes fundamentales, y por otro, de aquello que se arbitra en función de particularidades como lo «macro», lo «extenso», o lo «complejo», el «caos», lo «micro», o lo «localizado», etc.

Análisis sobre estos particulares en los textos de Física para C.O.U.

(Importantes, aunque atienden un currículo no vigente, porque representan la guía más común del profesorado y su «estilo», se ve afecta a los materiales en teoría más actualizados)

Análisis del texto de Física de COU de Editorial Bruño

Representa una muestra de la forma en como hasta el momento, se confeccionan los materiales curriculares de Física del nivel de Bachillerato.

En ellos, como ya se ha apuntado, se detectan carencias en las declaraciones del *plan curricular*; es decir: qué, para qué, cómo, cuándo se enseña; lo cual incide, en lo especificado como «Denominadores comunes»:

- 1º No existe el diseño formal de acuerdo con el hacer de la Ciencia, su Método, y su Paradigma, en el cual ubicar u ordenar significativamente cualquier conocimiento que defina su naturaleza: definición, Postulado, Ley, verificación empírica, desarrollo procedimental, etc., ni en función de qué objetivo y necesidades se arbitran.
- 2º *No se adecúa un plan didáctico*, los recursos a falta del punto 1º no están cuidados. No hay correlación ni estratificación de niveles, ni se cuida la extensión conforme a prioridades. Como no se precisa la manera del quehacer, sólo se relatan declaraciones, algunos procedimientos y resultados, los capítulos se suceden con criterio poco definido o por lo espectacular.
- 3º *No es posible*, a no ser a través de un Plan que justifique el uso de Paradigmas, *incorporar* lo que se denomina «Física Moderna», ya que ésta es parte del Paradigma, al margen de constituir propios campos de estudio, los cuales así tampoco se significan.

En un segundo nivel se hacen concreciones sobre:

El índice.
 Bloques temáticos concretos.
 Ejemplos que constatan lo expuesto.

Se enjuicia que las ausencias apuntadas dan lugar a los errores y lagunas conceptuales denunciados: desorden en la ubicación de los temas, revisión de conceptos desde modelos diferentes o contradictorios, se da lugar a dilaciones, vueltas atrás, se da pie a fomentar la confusión, se alarga el temario...

Verificación: 1º y 2º

Bloque I. Cálculo vectorial y cinemática

Tema 1. «Vectores»

Es un comienzo, en el procedimiento para tratar unas magnitudes que aún no se han declarado, ni hecho alusión de por qué puedan ser objeto de estudio, desde qué objetivo, necesidad, etc., salvo que en el punto 1.1 se distingue simplemente que «existen» magnitudes escalares como la masa, lo que da lugar a especular sobre cuántas magnitudes pueden interesar a la Física y por qué y cuáles son escalares y vectoriales; no hay rigor en la identificación y parecen infinitas.

Así, este primer tema, a falta de introducción conceptual que le dé sentido y no significa ningún Método, aunque es la característica fundamental del hacer científico. Su contenido deberá ser asimilado de forma memorística y no se constituye en concepto inclusor ni de lo anterior ni de futuros conocimientos, pues se abre a la divagación.

Ejemplos: Apartado 1.6. Suma analítica de vectores. Está incorporada como una «operación más» de unas «magnitudes» (claro que es difícil especificar más sobre lo que no se ha establecido), se da por sentado que el alumno lo asimila sin más. El resultado es que la *suma* de vectores se expone desde un procedimiento basado en conceptos *contrarios* a una epistemología consistente, ya que esta suma no es una «declaración» si no el *resultado* de una verificación *empírica*, una vez hemos *elegido* representar ciertas magnitudes de cierta manera (de un modo multidimensional).

Tema 2. «Cinemática de la partícula»

Como objetivo de la Física está bien ubicarla al principio. Pero como no hay declaraciones previas ni qué es lo que se estudia, ni para qué, ni con qué recursos, queda su estudio igualmente desarticulado.

Sin alusión a los elementos fundamentales para su construcción, se desdibujan los que en función de unos objetivos son los necesarios y suficientes, como por ejemplo, el sistema desde el cual se mide, pero *¿qué?*, *¿por qué?*, así se cita el sistema de referencia como elemento casual, no como el elemento fundamental por la manera de evaluar «separaciones».

Ejemplos: La única referencia está en una introducción fuera de los contenidos (pág. 30); habla de «cuerpos» que no se han definido, y de «movimiento», que tampoco. Y dice: «prescindiendo de momento de las causas (fuerzas que lo originan)» se omite que en realidad son los agentes de *cambio*, y ese cambio, su detección, además del método a la hora de configurar las Leyes que los rigen.

En relación al sistema de referencia, de nuevo hay alusiones, por ejemplo: «suponemos fijos aquellos que se desplazan con movimiento rectilíneo y uniformemente». Pero, ¿respecto a qué? Esa afirmación ya no se puede hacer desde el Paradigma actual de la Física que deshecha el movimiento absoluto. Sólo se puede elegir de manera local un sistema fijo, como el del Universo, pero desde una posición de elección sin descartar la contraria.

Añade: «en ellos se cumplen las Leyes de Newton». Lo cierto es que se cumplen siempre. Y lo que debería decir es que, por efecto de la medida desde sistemas en interacción con el objeto medido hay adición de interacciones (lo que supone aplicar lo que llamamos un «grupo de transformación»), y obtenemos medidas de parámetros diferentes).

Sobre estos aspectos, pero tratados como «casos particulares», se vuelve en el Bloque III, Tema 3, pero no existe correlación con el Paradigma, por lo que el problema continúa: hay poca relación en cuanto a jerarquías, no hay rigor.

Bloques II, III y IV

En ellos se mezcla lo que es declaración, comportamiento o ley, con el estudio particular de casos. La dinámica de partículas no representa sólo el estudio de casos complejos, sino que en ella se constituyen los elementos de la interacción y los principios de conservación, base del proceder general, siempre problema de al menos dos objetos.

El Tema, 6 que está en igual categoría, es en realidad caso particular: Dinámica de rotación.

Seguidamente el Bloque III (termodinámica) queda desligado de los conceptos fundamentales (energía, reversibilidad, probabilidad...), que aquí se deberían instruir desde que todo lo visto se aplica a un sistema de agregados microscópicos.

El Bloque IV (movimiento vibratorio y ondas) tampoco queda ubicado como caso de estudio particular de transmisión de interacciones.

El Bloque V (las interacciones gravitatorias electromagnéticas) tampoco se enraiza con la dinámica. Desde el título «Campos y electromagnetismo», no se hace hincapié en que en este tema se incluyen dos de las cuatro interacciones de la naturaleza, interacciones que deben su interés a su contribución a la ecuación del movimiento: al margen de que derive de ellos una extensa tecnología que convenga considerar.

Ejemplos: En todos los temas se advierte esta falta de jerarquías: El apartado 3.10. Definición de impulso, debería ser anterior al 3.3, que es donde se define el concepto de fuerza. Luego, debe revisarse otra vez, y el temario se alarga.

La medida de aceleraciones (o fuerzas) desde sistemas de referencia diferentes, se trata como caso cuando es un procedimiento general, y no puntualiza sobre el significado de las fuerzas de inercia, como parámetro de transformación de un sistema de referencia a otro.

Tema 4

Se mezcla el estudio de casos con el concepto fundamental de energía, sin alusión al papel que juega en las interacciones y sus leyes.

No hay alusión estadística a los conceptos de campos de fuerza y su concepto de potencial, ligado al de energía reversible o irreversible, etc.

Las fuerzas magnéticas, por ejemplo, no tienen introducción sobre su naturaleza, la cual deviene del Paradigma actual.

En cuanto al 3º

Capítulo XIII

La introducción a la Física cuántica fuera de los postulados del Modelo Relativista, elude la noción de pulso desde el concepto de tren de onda; y que la combinación de su velocidad (de grupo) y el principio de equivalencia, es la base de la ecuación del estado de la energía radiante como partículas microscópicas. Conceptos como cuantización, incertidumbre, tipo de soluciones complejas, observable, intensidad, probabilidad, etc., pilares de la Física cuántica y de los procesos en que se intercambian materia y energía de la Física nuclear, no se dibujan. En cambio, se dejan estos aspectos sin revelar y comienza: «14.1. Historia sobre la naturaleza de la luz» (lo que resulta como complemento adecuado); «14.2. Triunfo de la teoría ondulatoria. Ecuación de Maxwell». No hace hincapié en que es válida para agregados que convierten el mundo microscópico en macroscópico. Sólo se menciona que las partículas de cierto tamaño poseen características de discontinuidad de acuerdo con Plank, y se describen por la ecuación (que representa la energía total) de Schrödinger. Se citan experiencias que confirman el modelo: e. fotoeléctrico, Compton, m. atómico... Pero, ¿qué modelo?

· *Análisis del texto Física de COU, de Editorial ECIR*

Puesto que han quedado perfilados los aspectos que se quieren resaltar, simplemente se hará un recorrido por los diversos capítulos, poniendo de relieve aquello que viene a demostrar la hipótesis de partida.

Capítulo I

Comienzo: declara a la «Física como ciencia experimental»: es cierto, pero no dice qué pretende con ello, con qué objetivo, con qué recursos...

Declara: «La Física tiene como objeto último la búsqueda de *una comprensión global del Universo*», lo cual es muy impreciso: en realidad, sólo estudia alguna de sus manifestaciones y en algunos aspectos.

Luego define sin justificar por, o para qué, las magnitudes escalares y vectoriales del sistema internacional, la medida dice por ejemplo por «comparación palpable» entre objeto y «regla» unidad. No es así de sencillo. Hay que introducir: el referencial, la arbitrariedad y sobre todo que no existe comparación palpable, es necesario introducir conceptos ya señalados, como el de simultaneidad, coincidencia... Que se mide desde la cualidad de aditividad de las magnitudes (de constatación experimental), que es presumir un comportamiento, y que además lo hacemos sobre un supuesto modelo de Universo.

No se hace introducción a las magnitudes vectoriales, más que: «existen algunas magnitudes como velocidad, etc., que no pueden ser caracterizadas sólo por un número, sino que además hay que especificar *dirección y sentido*». Carece de rigor de aclarar la necesidad de un cierto número de parámetros para determinar estas magnitudes desde el concepto de dimensionalidad. La suma se introduce como Ley del paralelogramo, pero no dice nada de su carácter experimental, una vez establecido el elemento con el que representamos esas magnitudes multidimensionales.

Capítulo II

«Cinemática»: se detecta falta en justificar el por qué son importantes para la Física los conceptos y procedimientos de la misma. Sólo se dice para describir el movimiento de un «¿punto?» se necesita un sistema de referencia «¿fijo?».

Existe imprecisión como que el movimiento más que ser algo que se estudia, se define y no para un objeto (puntual si se quiere) pero material, y no existen sistemas «fijos»; además, ¿qué relación hay entre esto y «la comprensión global del Universo»? que es la declaración de objetivo que se hace.

Se sigue con el estudio de algunos movimientos, no se distingue bien lo que es general de lo que representa estudio de caso particular.

Ejemplos: Sin representar el cambio de concepto ni justificar su introducción, se sigue: «Leyes de la dinámica y consecuencias». Pero no se acentúa la relevancia de que se está definiendo el proceso de variación en la evolución de los sucesos, y que éste es el objetivo.

No se hace hincapié en cuántos y únicos son los componentes de este elemento de estudio.

Ley de inercia: no se resalta que en realidad es otra manera de definir la fuerza: bajo la misma 2ª Ley (que sería deseable se relacionará con el impulso).

La ley de acción y reacción (3ª Ley) sigue a una introducción de un caso de interacción de partículas. Se crea el concepto erróneo de que pueden existir interacciones fuera de un concurso de dos o más partículas (es decir, de que las fuerzas son independientes del concurso de partículas). Lo que en realidad debería delimitarse son los conceptos de sistema, que se elige, o que es arbitrario, o que es sistema aislado, además sólo así se puede seguir con el principio de conservación del momento. Tampoco se acentúa el hecho de estar declarando con las Leyes de conservación, como recurso más importante del Método.

Continúa con los procedimientos que se derivan de medir desde sistemas de referencia diferentes e inerciales, deduce la Transformación de Galileo, pero no se hace alusión a que obedece a un modelo de interpretación del Universo.

Como complemento (fuera casi de programa) se introduce la transformación de aceleraciones, cuando «uno de ellos (sistema) es NO inercial», lo que poco adecuado desde el principio de relatividad; y al «otro» que llama observador y se representa por un individuo: debería incluirse en el «otro», al individuo, el objeto, y todo el Universo, así que para resolverlo hay que introducir fuerzas de inercia, crea muchos problemas.

Sigue con procedimientos de tratamiento de sistemas rotantes; debería hacerse una introducción a los sistemas complejos en general y configurarlos en ellos como casos particulares.

A continuación se definen trabajo y energía desligándolos de su conexión fundamental del concepto de fuerza como intercambio.

Capítulo III

«Campos escalares y vectoriales»: no se indica por qué, sobre todo los segundos, son importantes a la descripción de las interacciones fundamentales, se citan simplemente como un procedimiento o recurso, que es la teoría de campos.

Capítulos IV y V

Se tratan los «sistemas de partículas» desde el procedimiento de definir el centro de masas.

Es volver sin método a algo que ya fue tratado, no se dice que ahora sólo se añade complejidad. Debería haber precedido a la dinámica de rotación.

Capítulo VI

Trata de forma particular los «campos gravitatorio y eléctrico», que quedan así desubicados, y sigue sin aclararse que representan dos interacciones fundamentales.

Capítulo VII

«Ondas»: no se indica que son simplemente otro caso de movimiento complejo que se transmite; tampoco se conecta con lo anterior, en tanto en cuanto posee los mismos recursos que el tratamiento que cualquier otro sistema.

En relación al 3º**Capítulo VIII**

«Introducción a la Relatividad»: se ha de volver a la Transformación de Galileo sin que esta relación fuese contemplado en su momento, con lo que la programación parece alargarse indefinidamente. Se parte de que la aplicación de esta transformación a fenómenos como la luz no da resultados acordes con la experimentación. Pero, ¿bajo qué supuestos?; ¿por qué los parámetros implicados son importantes?

Se enuncian los Postulados sin mucha conexión significativa con lo expuesto. De ellos se dice que la relación de transformación ha de ser otra: la de Lorentz, pero se obvia la importancia de los grupos de transformación en el Método.

No hay introducción significativa a la masa relativista ya que no se hace relación simultánea entre velocidad límite, consecuencia del grupo de transformación, y los principios de conservación.

Como lectura adicional se introduce el Principio de Equivalencia de la Relatividad General y se muestra el ejemplo de la curvatura de un rayo de luz en un ascensor acelerado. Si no se explica de forma detallada o desde el fenómeno de aberración, más que aclarar conceptos puede inducir a errores conceptuales. La adición que se aplica ha de ser consecuente con la de los Postulados y no hay tal, de hecho lo que sucede en la Relatividad General es que se añaden nuevos postulados, como la curvatura del e-t.

Capítulos IX y X

«Termodinámica». De nuevo hay desconexión con los elementos generales de la Física general. No se acentúa que lo que se hace es arbitrar procedimientos para tratar el comportamiento de agregados microscópicos.

Capítulo XI

«Electromagnetismo»: como estudio fenomenológico, pero sin mencionar su relación profunda con el campo eléctrico desde la Transformación de Lorentz.

Capítulo XII

«Estudio de las ondas electromagnéticas y fenómenos ópticos».

Tal y como se presenta este tema, resulta difícil relacionarlo con un plan general que debería englobar todos los fenómenos físicos, incluidos éstos. Así queda desligado de los elementos fundamentales como masa, inercia, energía o las leyes que configuran la ecuación de estado. No se hace referencia a que tamaño y/o grado de agregación, así como la aplicación rigurosa de los postulados, sin los recortes que supone su transcripción en el Modelo Newtoniano de la Física macroscópica, son los característicos del modelo «partícula-onda» que caracteriza las ondas

electromagnéticas. Y la óptica como caso de simples encuentros de la luz con obstáculos, con recursos operacionales propios.

· *Análisis del texto «Cerca de la Física», de COU, de Editorial Alhambra (1975)*

Desde un análisis similar al anterior y desde el tema 1, se detecta igualmente la ausencia de planteamiento que comienza por un procedimiento: «el cálculo vectorial», sin haber declarado para qué, con qué objetivo, con qué elementos y con qué recursos, entre ellos éste para magnitudes 3D (o de tres dimensiones).

Desde un análisis más pormenorizado, comienza «El objeto de la Física es el conocimiento de fenómenos» (pero no dice cuáles y qué les caracteriza y para qué o en función de qué). Sigue: «para ello utiliza la observación crítica y búsqueda de leyes, pero ¿para qué?, que rigen los fenómenos, ¿cuáles?, o como el proceso matemático permite delimitar y definir dichos fenómenos. La Física se sirve, pero ¿con qué fin?, de la matemática como instrumento teórico». Pero no hace alusión a que este instrumento es fundamentalmente un procedimiento, el de la adición y es posible su utilización porque los elementos que forman los fenómenos son según constatación empírica adicionales.

Sigue refiriéndose al uso de vectores: «El presente capítulo es puramente matemático». Es incierto, la introducción al cálculo vectorial se rige por la experimentación en la búsqueda de la forma en que las magnitudes que como dice «tienen dirección y sentido», se suman en función del elemento vector, configurado artificialmente para representarlas.

El Capítulo segundo aborda la «cinemática» y se echa en falta justificar su importancia como objetivo de la Física y declarar de qué elementos fundamentales nos vamos a valer. Habla del punto sin indicar que sólo el suceso material (idealmente puntual) se puede mover, y respecto a otro que representa el sistema de referencia.

Al comienzo del capítulo, existe una introducción que quiere sustituir al hecho de ajustar los conocimientos a un modelo o paradigma que es de elección arbitraria y sólo puede constatar experimentalmente, si funciona. Pero lo dice de esta forma menos contundente: «...es un modelo» (el que se elige, pero no aclara cuál o cuáles son los otros posibles y únicos) «en donde la geometría que se cumple es la Euclídea: que se basa en que por un punto sólo pasa una paralela a una recta», y añade que esto es un Postulado, pero ¿qué papel tienen los Postulados?, ¿por qué interesan?, o que este modelo, contrario al relativista, es el que es válido para bajas energías, velocidades, etc.

No aclara, además, que este Universo Euclídeo es consecuencia de otros Postulados, los del modelo Newtoniano, y que es refutado por el Relativista no Euclídeo, con medidas diferentes desde grupos de transformación. En vez de ello, cita características sobre universos no Euclidianos, como el de Lobatschewki. Es un aspecto interesante.

En el Capítulo tercero el concepto de masa se introduce desde las «Leyes de la Dinámica» de Newton como si tanto las interacciones como la masa fuesen conceptos «sabidos» o de cuantificación inmediata, cuando realmente su medida representa un proceso complejo desde lo que percibimos, lo que postulamos o lo que definimos.

Se habla de cuerpo, que no se ha definido: «todo cuerpo sometido a una fuerza (que tampoco se define) adquiere una aceleración proporcional a dicha fuerza». Es al revés: la medida de la aceleración define a la fuerza. Cierto que puede intercambiarse el concepto de masa con inercia, pero habrá que indicar que dada esa correspondencia tendremos que arbitrar métodos, donde algo se supone y se fije arbitrariamente (como la constancia de la interacción gravitatoria en un lugar), y algo vendrá dado. Es decir, que hay que utilizar supuestas verdades, con carácter fáctico, lo que es el origen, por ejemplo, de los Paradigmas.

El estudio de casos queda desarticulado, así como el número de interacciones en la naturaleza y su relación, su acción microscópica de intercambio, etc.

Por último, se hace una «introducción a la Teoría de la Relatividad» que, aunque correcta en sus declaraciones y aplicaciones, no se vincula con el Paradigma de la Física General actual y da sensación de desunión entre una Física Clásica y Relativista.

Desde los Postulados (que ningún texto aclara en profundidad su significado con ejemplos concretos), se deduce en un diagrama (sin resaltar que simultáneamente se introducen parámetros medidos «desde» cada sistema observador) la Transformación de Lorentz, que adolece así de aclaraciones, como las que luego llevan junto a los Principios de conservación a que se postule una masa relativa y la equivalencia masa-energía.

Se miden parámetros como longitudes, etc., pero carece de rigor de que el concepto de medir representa más bien medir separación de sucesos, y en realidad no hay medidas «aparentes» u objetos que se «contraen», sino que la percepción de la separación es diferente, dependiendo del sistema y el Modelo.

De «cuántica» se describen algunas experiencias y se recitan algunos principios.

Análisis de materiales didácticos para 2º de Bachillerato (LOGSE)

Se aprecia en general, que en su construcción *son muy semejantes* a los anteriores, repitiendo las pautas señaladas; hay alguna diferencia en los contenidos, como que se reduce el número de casos concretos o de aplicación a estudiar, y se pone más énfasis en los que atañen a la Física Moderna, a las interacciones CTS, además de hacer una mención al Método Científico, pero que de hecho no entra en su aplicación e incidencia en todo el Currículo.

Vemos como *ejemplo primero el libro de texto de Física para 2º de Bachillerato de la editorial SM (1997).*

Indice:

1. Aproximación al trabajo científico
2. Física, tecnología y sociedad
3. Dinámica de una partícula y de un sistema de partículas
4. Estudio de la rotación del sólido rígido

5. La teoría de la gravitación universal: una revolución científica
6. El campo gravitatorio. Movimientos bajo fuerzas gravitatorias
7. El movimiento vibratorio
8. Movimiento ondulatorio
9. Fenómenos ondulatorios
10. El campo electrostático
11. Campos magnéticos y corrientes eléctricas
12. Inducción electromagnética
13. La naturaleza de la luz. Óptica física
14. Óptica geométrica
15. La síntesis electromagnética
16. Elementos de física relativista
17. Introducción a la física cuántica
18. Introducción a la física nuclear
19. Partículas e interacciones fundamentales

Apéndice: Cálculo vectorial

Así, el índice, en primer lugar, indica que la relación de contenidos no está dictada por estructura alguna en cuanto a dejar señalado, por ejemplo, el objetivo, los objetos de estudio, los procedimientos, etc. Así se mezcla, lo que es clases de interacciones, con lo que es procedimiento, o la declaración de leyes y modelos, con el estudio de casos...

Un análisis más pormenorizado muestra la posible cabida a la aplicación del Método Científico para declarar el Paradigma, que podría dar sentido a todos los contenidos, en el tema 1, donde se menciona y hacen algunas apreciaciones sobre lo que es el «método», ahora muy generalizadas y que no se utilizan para desarrollar la asignatura.

El segundo tema trata los contenidos con un carácter de divulgación.

El tema 3, como contenido, recoge la ecuación del movimiento, que podría de nuevo ser utilizado como elemento unificador o en el que configurar el plan que condujese toda la asignatura, pero no es así, en él se obvia su capacidad para declarar el Paradigma, y se limita a unas cuantas declaraciones y aplicaciones parciales de ecuaciones de algunos movimientos, incurriendo en lo que ya se denunció.

El modelo a adoptar, que surgiría en este momento al comienzo, en la mención a un sistema de referencia, cuando debería ser declarado no se tiene lugar y hasta un capítulo muy al final «Elementos de Física relativista», no se menciona.

Desde el índice, todos los contenidos quedan así desvinculados del modelo al que se supone deben estar referenciados.

Es también indicativo de la falta de método que el cálculo vectorial aparece en un apéndice.

La Física Moderna, a falta de una introducción que la signifique, tiene los mismos defectos ya señalados.

· *Análisis del libro de texto de Editorial Anaya (1998)*

Índice:

Se reproduce parte del mismo, del comienzo de los contenidos de cada bloque, que es lo que representa el contenido conceptual.

«Bloque I. Interacción gravitatoria».

Ya de entrada se echan en falta aquellas aclaraciones en torno a que se trata de uno de los elementos, las interacciones, útiles al desarrollo del Método, pero además en relación a qué, el por qué de su utilidad, cuántas interacciones existen, cómo se evalúan.

«Tema 1. Fuerzas conservativas y no conservativas

¿Qué es el trabajo? Trabajo, fuerza y desplazamiento. Energía. Teorema de las fuerzas vivas. Fuerzas conservativas. Energía potencial. Fuerzas centrales. Conservación de la energía. Ampliación de contenidos: momento angular. Segunda ley de Newton en el movimiento de rotación. Conservación del momento angular. Segunda ley de Kepler. Energía...».

No se aclara que energía o trabajo surgen de la definición de interacción o fuerzas, que su papel es importante a la hora de configurar las Leyes de conservación, que estas Leyes son fundamentales para transcribir las ecuaciones del estado, etc.

«Tema 2. Campo gravitatorio. Conceptos

Concepto físico de campo. Primeras ideas sobre gravitación. Ley de la gravitación universal. La constante de gravitación universal. Expresión vectorial de la ley de la gravitación universal. Campo gravitatorio. Energía...».

Se echa en falta aclarar las conexiones de lo que ahora representa desarrollar simplemente un recurso, la teoría de campos, para estudiar una interacción característica bajo un conjunto de actividades que serían generales.

Y de igual modo continúa:

«Tema 3. Campo gravitatorio. Aplicaciones

Flujo a través de una superficie. Campo gravitatorio a cierta distancia de la Tierra. Aplicaciones de la tercera ley de Kepler...».

No se aclara de qué manera la planificación general se desliga de estos temas de resolución de casos que los hace particulares. Lo mismo que en los siguientes bloques:

«Bloque II. Vibraciones y ondas».

«Tema 4. Movimiento armónico simple

Movimientos periódicos. Movimiento armónico simple. Velocidad y aceleración en el M.A.S. Oscilación de un muelle. Cinemática del péndulo. Energía de un movimiento armónico simple...

Tema 5. Movimiento ondulatorio

Ondas elásticas. El movimiento ondulatorio. Ecuación del movimiento ondulatorio unidimensional. Energía e intensidad en el movimiento ondulatorio. Absorción. Propiedades generales de las ondas...

Tema 6. Acústica

Ondas elásticas. Cualidades del sonido...

Bloque III. Electromagnetismo.

Tema 7. Campo eléctrico

Fenómenos de electrización. Ley de Coulomb. Intensidad del campo eléctrico. Potencial eléctrico...».

Se hace la misma objeción que en el tema 1.

«Tema 8. Electromagnetismo

Los imanes. La experiencia de Oersted. Ley de Lorentz. Campo magnético y trayectoria. Primera ley de Laplace. Acción de un campo magnético uniforme sobre una espira. Carga y campo magnético. Ley de Biot y Savart. Solenoides y toroides. Acción entre corrientes paralelas. Ley de Ampère...».

No existe la introducción significativa al campo electromagnético como consecuencia de aplicar el Paradigma actual. Parece se trate de otra interacción más.

«Tema 9. Inducción electromagnética

Flujo magnético. Experiencias de Faraday de Henry. Ley de Faraday-Henry. Trabajo realizado en el proceso de inducción. Generalización de la ley de Faraday-Henry. Autoinducción...».

Se observa que se mezclan en igual categoría lo que es Postulado o Ley general, de lo que es resolución de caso particular con arbitrio de procedimientos propios.

Antes de iniciar los bloques siguientes, deberían haberse planteado los Principios del Modelo que se van a aplicar, y no tener que revisar el estudio de las ondas electromagnéticas, que así se inicia en el Modelo Clásico.

«Bloque IV. Ondas electromagnéticas y espectro visible

Tema 10. Ondas electromagnéticas

La síntesis electromagnética. Descarga oscilante de un condensador. Campo electromagnético creado por una descarga oscilante. Naturaleza de las ondas electromagnéticas. El espectro electromagnético...

Tema 11. La luz y sus propiedades

Naturaleza de la luz. Propagación rectilínea de la luz. Reflexión y refracción de la luz...

Tema 12. Óptica geométrica

Formación de imágenes en un espejo plano. El dioptrio plano. El dioptrio esférico. Imágenes en el dioptrio esférico...

Hasta aquí se ve el énfasis que se pone, sobre todo, en la resolución de casos.

Bloque V. La física del microcosmos

«Tema 13. Física relativista

La relatividad en mecánica clásica. El principio de relatividad de Galileo. La velocidad de la luz. El principio de relatividad. La experiencia de Bertozzi. Simultaneidad. Transformaciones de Lorentz. Contracción de la longitud. Dilatación del tiempo. Transformadas de Lorentz para la velocidad. Dinámica relativista. Energía y cantidad de movimiento. Física y técnica: historia de los procesadores...».

Contenidos que a falta de una declaración de intenciones y recursos, de nuevo son tratados a falta de una jerarquía que los signifique. El Modelo no se explicita que surge de la necesidad de arbitrar un grupo de transformación que debería ir en una categoría conceptual anterior, por ejemplo, de simultaneidad, o de la medida.

«Tema 14. Física cuántica

El espectro continuo de emisión. El fracaso de la Física Clásica. El efecto fotoeléctrico. Interpretación de Einstein del efecto fotoeléctrico. El efecto Compton. La energía está cuantizada. El átomo de Bohr. Dualidad onda-partícula. La confirmación de la dualidad...».

De nuevo se mezcla aquello que configura el Modelo, con las experiencias que lo confirman.

«Tema 15. Física atómica y nuclear

El descubrimiento de la radiactividad. Masa, energía y estabilidad nuclear. Defecto de masa y energía de enlace. Radiactividad natural. Desintegración β . Conservación de la energía. Leyes de Soddy y Fajans. Familias radiactivas. Características generales de los procesos radiactivos. Vida media. Reacciones nucleares. Fisión nuclear. Fusión nuclear...».

Todos ellos procedimientos tratados más bien desde la relación analítica de los parámetros que surgen del Modelo de la Relatividad, como éste no ha sido muy conceptualizado, el aprendizaje va a tener mucho de «creencia» y memorístico.

Antes de continuar con más ejemplos, se destacan algunas conclusiones del repaso realizado.

Conclusiones:

Que abundando en las cuestiones ya señaladas, se ve la falta de organización en torno al Paradigma correspondiente, que no se da lugar desde un tema de los del comienzo a las consideraciones en su definición, ni una descripción de cómo aplicar el Método Científico. De hecho, se comienza por un tema que trata una interacción particular, la gravitatoria. Se definen parámetros generales como trabajo y energía pero desde conceptos que se dan «por sabidos» como la posición, o fuerza..., «imaginamos un cuerpo sobre el que ejercemos una fuerza que le hace desplazarse...», concluyendo en la definición de trabajo; y las aclaraciones son más bien parciales, tal como que el mismo es un proceso por el que se transfiere energía. Pero, ¿qué es un cuerpo?, ¿qué es desplazarse?, ¿qué es energía?, y ¿qué es fuerza?, sin un plan, ni objetivos, ni la relación de parámetros con la percepción, nada está en rigor realmente declarado ni definido. Y mucho menos los elementos del nuevo Modelo para los que «el sentido común» ya no existe.

· *Análisis del libro de texto de Editorial Edelvives (1998)*

El índice es indicativo del perfil anterior que se repite. El tema 1, que trata del Método científico como en otros textos, lo describe, pero no se desarrolla y aplica. En él hay algunas definiciones preliminares pero son parciales, que no revelan un plan total y por esa parcialidad incluso, se cree, podrían generar errores.

Índice:

0. La física y los físicos

Bloque I. Mecánica

1. Introducción a la mecánica
2. Trabajo y energía
3. Campo gravitatorio

Bloque II. Las ondas

4. Vibraciones y ondas
5. Las propiedades de las ondas

Bloque III. Interacción electromagnética

6. Campo eléctrico
7. Electromagnetismo

Bloque IV. Óptica

8. Óptica física
9. Óptica geométrica

Bloque V. Física Moderna

10. Introducción a la física relativista
11. Elementos de física cuántica
12. Física nuclear

Apéndices

Un ejemplo: «la física es la ciencia cuyo objetivo es estudiar los componentes de la materia y sus interacciones mutuas». Pero desde el punto de vista de la física, la materia no distingue componentes en su naturaleza, que se manifiesta como inercia o gravitación, lo cual sin el concepto de posición y sus variaciones no tiene sentido. También el concepto de interacción es bastante inaprensible. No está igualmente determinado por qué lo que llamamos cambios relativos en un cierto grado entre posición y tiempo, ligados a la apreciación y sujetos a la necesidad de arbitrar referenciales.

Estas declaraciones iniciales inducen a considerar a las interacciones o fuerzas como algo muy fácil de comprender, muy obvio en su aprensión, cuando por el contrario precisa de una

declaración rigurosa, percepción, medida, leyes que les rigen, o que no todo «cambio» supone interacción, etc.

Luego se continúa: «Ramas clásicas: Mecánica, Óptica y acústica, Termodinámica y Electromagnetismo; Física Moderna: Relatividad y física cuántica, Física de partículas y quarks, Caos y termodinámica del no-equilibrio, Teorías de gran unificación (TGU) y Superfluidez y superconductividad».

Así incurre en crear uno de los errores más denunciados, la creencia conceptual de que hay «dos físicas». Desde este planteamiento, la introducción a la Física Moderna puede estar viciada desde el comienzo; por otro lado, al poner juntos relatividad y física cuántica, desdibuja el hecho de que la primera representa un modelo general a toda la Física, y la cuántica es un modelo muy significativo para el mundo microscópico, que utiliza o se genera desde el anterior.

Por último, el tema en el que se trata la ecuación del movimiento, en vez de constituirse como objetivo general dice: «Lo que debes saber para comenzar: Existe una serie de temas de física correspondientes al curso pasado (1º de bachillerato) que son de gran importancia. Son la base, en unos casos, y el complemento, en otros, de lo que aquí vamos a estudiar. Por estas razones, te presentamos a continuación los conceptos o relaciones más importantes:

	<i>Mecánica</i>	
		Cinemática
	Magnitudes	Relaciones
Posición		
Movimiento rectilíneo	Trayectoria Desplazamiento Espacio recorrido	Ecuaciones del m.r.u. Ecuaciones del m.r.u.a.
Movimiento curvilíneo	Velocidad angular Período Frecuencia	Ecuaciones de m.c.

Estudio, según los ejes, del tiro horizontal y del parabólico».

Se aprecia que no hay declaración que signifique la ecuación de estado en un plan común, lo único que se hace es mostrar el procedimiento para construir la ecuación de algunos casos, pero ¿para qué?, ¿cómo, o bajo qué leyes se determinan los parámetros?, ¿se avienen a tener en cuenta el sistema de referencia? Y, ¿por qué se citan dos tipos de ecuaciones?, ¿qué las caracteriza?, ¿son únicas?, ¿el movimiento periódico o vibratorio, por qué se ignora? En conjunto, ¿no se echa en falta una expresión general sobre la ecuación del movimiento, y luego, hacer notar qué le modificaría en cada caso?

El texto contiene diagramas de relación entre leyes, conceptos y definiciones, pero son parciales, por ejemplo, al estudio sólo del tratamiento procedimental de una interacción.

· *Análisis del libro de texto de la Editorial Editex (1996)*

Índice:

Unidad Didáctica 0. Mecánica
 Unidad Didáctica 1. Dinámica de rotación
 Unidad Didáctica 2. Campo gravitatorio
 Unidad Didáctica 3. Campo eléctrico
 Unidad Didáctica 4. Campo magnético
 Unidad Didáctica 5. Inducción electromagnética
 Unidad Didáctica 6. Movimiento vibratorio
 Unidad Didáctica 7. Movimiento ondulatorio
 Unidad Didáctica 8. Propiedades de las ondas
 Unidad Didáctica 9. Óptica geométrica
 Unidad Didáctica 10. Óptica física
 Unidad Didáctica 11. Relatividad
 Unidad Didáctica 12. Física cuántica
 Unidad Didáctica 13. Física nuclear y de partículas
 Apéndice

El análisis desde el índice indica una disposición similar a la de los anteriormente citados.

Existe una unidad didáctica cero que se presenta como estudio de repaso: la mecánica; que podría servir como elemento de introducción, pero no es así. Comienza con unos contenidos más o menos conceptuales y procedimentales: 1. Cálculo vectorial; 2. Cinemática; 3. Dinámica; 4. Energía. Pero a la hora de definir los procedimientos desde el concepto de interacción, energía, leyes, etc., para construir la ecuación del movimiento, todo esto, una vez más, se obvia de principio, y el plan o mapa conceptual común se esboza sin desarrollar. Se limita a algunas declaraciones muy parciales sin objetivo, como por ejemplo definir la posición y el estudio de «algunos» casos como ecuaciones de estado.

El cálculo vectorial, igualmente, se desarrolla en un capítulo independiente, sin conexión con el concepto de una clase de magnitud que por su forma de ser percibidas precisan de tal procedimiento.

Por último, como en anteriores propuestas, el Modelo Relativista se elude y hasta un tema muy al final no se menciona, convirtiéndose en una aclaración sobre «ciertos aspectos», y aparecer como «algo» ligado sólo a la luz y a algunos sistemas objeto de estudio.

El desarrollo de problemas, sí incluye aquello que sobre todo analíticamente y en parte conceptualmente introducen en los elementos que constituyen la ecuación de estado, el amplio conjunto de casos resueltos (salvo los que se refieren a la medida desde sistemas no inerciales, que desde el Paradigma clásico pueden ser fuente de conflictos), contienen las principales bases de la metodología.

Se constituye en realidad en un compendio de soluciones fundamentales a configurar, si estuviesen bien organizados, relacionados y justificados, los contenidos de la asignatura.

Análisis de programaciones

La muestra de los diversos distritos universitarios, ya advierte en su lectura, que son similares en su concepción a la línea general mostrada en los textos, a su vez reflejo de la oficial en su momento.

Las programaciones propuestas, coinciden en su formato y relación de contenidos con los índices de los textos analizados. Todo lo que se dijo al principio del análisis así se suscribe ahora: No se aprecia énfasis en planificar como que en orden a las intenciones, se arbitren los recursos o los modos de constatar validez y límite de los procedimientos; no hay separación entre modelo, ley y caso al que se aplica, etc., contrariamente a lo que sería una programación acorde con este proyecto que diversifica los bloques de contenidos en apartados y subapartados..., haciendo diferencias entre lo declarado y su aplicación, así como en función de qué objetivos se declaran, se postula o se emprende cualquier acción.

No obstante, hay que reconocer la diferencia que existe entre lo que representa una programación, cuyo papel es señalar los límites en capacitaciones y destrezas, y los materiales curriculares, que son los que deberían atender el «cómo», o mejor manera de llegar al logro de las mismas, es decir, la epistemología.

Programación de Física de COU para el curso 1992-93 (Distrito de Valladolid)

«Se ha de tener presente que de los ocho temas en que se articuló el programa oficial, y que eran:

1. Dinámica de los sistemas de puntos
2. Dinámica de la rotación del sólido
3. Campos conservatorios: gravitatorio y eléctrico
4. Movimiento ondulatorio
5. Corriente alterna
6. Electrónica. Ondas electromagnéticas
7. Naturaleza de la luz. Dualidad onda-crepúsculo
8. Física nuclear

Por consenso, sólo permanecen como mínimos (para la confección de las pruebas de examen) los cinco primeros. Los tres restantes contienen la base de una buena parte de estudios universitarios actuales (en el área de la ciencia y de la técnica), y se recomienda informar a los alumnos de sus contenidos, al menos como complemento de su formación de cara a una mejor elección de sus estudios universitarios».

Se hacen ahora puntualizaciones sobre los contenidos del primer tema, que es el que podría contener el plan general de desarrollo de la asignatura.

Así, dice:

«Tema 1. Dinámica de los sistemas de puntos materiales

El estudio de este tema debe iniciarse haciendo un repaso profundo de los conocimientos adquiridos en cursos anteriores sobre Cinemática y Dinámica del punto material, dándoles un mayor rigor científico y poniendo gran énfasis en su formulación vectorial. En realidad se aconseja desarrollar un tema cero, en el que se traten las cuestiones anteriores, así como los sistemas inerciales y no inerciales y se distingan las fuerzas aplicadas de las de rozamiento y de las llamadas fuerzas de inercia; de sta forma se estará en las mejores condiciones para abordar las cuestiones relativas al tema.

Objetivos:

- Recordar los principios, teoremas y magnitudes fundamentales de la Dinámica del punto material.
- Interpretar los sistemas reales como acumulaciones de puntos materiales discretos y continuos.
- Distinguir las fuerzas interiores y exteriores en un sistema de partículas.
- Comprender el concepto de momento lineal de un sistema de partículas y el significado e importancia del principio de conservación.
- Generalizar la 2ª ley de Newton a sistemas de partículas, en términos de momento lineal.
- Definir el centro de masas de un sistema de partículas como un punto imaginario que describe la dinámica global del sistema respecto de las fuerzas exteriores.
- Reconocer las ventajas de utilizar el sistema de referencia-centro de masas para estudiar la Dinámica de un sistema de partículas y saber diferenciarlo del sistema del laboratorio.
- Relacionar cualitativa y cuantitativamente el trabajo de las fuerzas interiores y exteriores con la variación de la energía cinética.
- Extender el teorema de conservación de la energía a un sistema de partículas aislado e interpretarlo desde el punto de vista del objetivo anterior.
- Aplicar los teoremas de conservación a la realización de problemas, haciendo especial hincapié en los choques y fracturas».

De hecho cita que hay teorías pero no se especifica en torno a qué elementos de estudio, objetivos y recursos surgen. El sistema de referencia se introduce sin dar lugar marcadamente a resaltar la alusión a que es fuente de los modelos Clásico o Relativista; no hay jerarquía clara entre, por ejemplo, lo que es recurso general o se arbitra para resolver lo particular, como concurrencia, complejidad, etc.

Programación de Física de COU para el curso 1991-92
(Distrito de Salamanca)

En líneas generales, el ejemplo es similar a otros, en el tema señalado como cero se mencionan aspectos propios del Método Científico, pero no derivan a que se use como base al resto de contenidos; se dice, por ejemplo: «comprender», «justificar»... No hay una total referenciación de contenidos en función de un tronco común que señale jerarquías entre objetivos y soluciones dadas, derivaciones entre conceptos...

Y el resto:

«Tema 0. Revisión de la mecánica del punto material

Objetivos:

- Manejar con soltura el cálculo vectorial.
- Comprender la importancia del cálculo vectorial para el estudio de la Física.
- Distinguir entre las operaciones con vectores y las operaciones con los componentes de los vectores.
- Comprender que el movimiento está ligado al sistema de referencia y justificar el carácter relativo del movimiento.
- Revisar el concepto vectorial del vector posición, vector desplazamiento, vector velocidad y vector aceleración.
- Conocer el significado físico de las componentes intrínsecas de la aceleración.
- Revisar la composición de movimientos, etc.

Contenidos:

1. Cálculo vectorial

- Magnitudes escalares y vectoriales.
- Igualdad y tipos de vectores -libres, deslizantes, fijos-. Vectores axiales.
- Suma de vectores. Propiedades de la suma.
- Producto de un vector por un número.
- Componentes de un vector, etc.

2. Cinemática

- Sistemas de referencia.

- Vector posición. Vector desplazamiento.
- Vector velocidad. Vector aceleración. Componentes intrínsecas de la aceleración
- Principio de la relatividad de Galileo. (Opcional).
- Estudio de los movimientos, etc.

3. Dinámica

- Fuerzas. Tipos de fuerzas.
- Principios de Newton.
- Fuerzas de rozamiento.
- Aplicaciones de las leyes de Newton.
- Fuerzas elásticas.
- Peraltes (sin rozamiento).
- Fuerzas de inercia.
- Tensiones en cuerdas, etc.

Tema 1. Dinámica de los sistemas de partículas. Sólido rígido

Tema 2. Teoría de campos. Campos escalares y vectoriales. Campos gravitatorio y electrostático

Tema 3. Campo magnético. Inducción electromagnética y corriente alterna

Tema 4. Movimiento ondulatorio

Tema 5. Termodinámica

Tema 6. Naturaleza de la luz. Dualidad onda-corpúsculo

Objetivos:

- Conseguir una visión histórica de la evolución de las teorías sobre la naturaleza de la luz
- Conocer las características de la propagación de las ondas electromagnéticas.
- Interpretar las distintas zonas del espectro electromagnético.
- Conocer cualitativamente la hipótesis de Maxwell sobre la naturaleza electromagnética de la luz y su comprobación experimental.
- Comprender el significado de los cuantos en la teoría de Planck.
- Describir el efecto fotoeléctrico e interpretarlo según la teoría de Einstein.
- Describir el efecto Compton y aplicarlo a la resolución cuantitativa de casos sencillos.
- Conocer la hipótesis de De Broglie y calcular la longitud de onda asociada a una partícula.
- Conocer el principio de incertidumbre y valorar su significado».

«Tema 7. Física nuclear».

Se aprecia de nuevo que se tratan como una descripción y constatación, de un comportamiento cuyos pilares, un modelo o teoría, no se dibujan.

Análisis de materiales que se tratan aspectos parciales de la asignatura

Son ejemplos sobre casos puntuales que ponen de manifiesto y abundan en cómo el desarrollo del Método del Paradigma actual resolvería los problemas epistemológicos que se vienen arrastrando.

Ejemplo 1º. «Principio de equivalencia de Einstein en lugar de las fuerzas de inercia». Francisco Herrero Mateos:

Introducción. Cuando se les pide a los alumnos que no han estudiado Física, o su instrucción es muy elemental, que dibujen las fuerzas que actúan en una piedra si ésta gira atada del extremo de una cuerda, trazan una única tangente a la circunferencia y con el sentido del movimiento, mientras que aquellos que ya han estudiado varios cursos señalan a menudo otras dos más: la fuerza con que la cuerda tira de la piedra (centrípeta), y la fuerza que ejerce la piedra hacia fuera (centrífuga), capaz de equilibrar a la anterior (Viennot, 1979).

El empleo de las fuerzas de inercia tiene serios inconvenientes para emplearlo con alumnos de 16 a 18 años por los siguientes motivos:

- Como las fuerzas de inercia carecen de reacción, su empleo dificulta la comprensión del tercer principio de Newton, y su aplicación indiscriminada y con poca reflexión (Carrascosa y Gil, 1985) puede llevar a considerar las fuerzas centrífugas como fuerzas reales, cuya reacción sería las fuerzas centrípetas.

Por las razones anteriores, epistemológicas y curriculares, proponemos introducir el principio de equivalencia de Einstein en lugar de las fuerzas de inercia porque es más sencillo, no tiene los inconvenientes de éstas y presenta un cuerpo organizado y coherente de conocimientos más moderno y cohesionado: «la teoría de la relatividad».

Principio de equivalencia de Einstein. Puede ser interesante agregar a este principio en el curriculum de Física de alumnos de 16 a 18 años, por ser sencillo, versátil y poderoso para trabajar con sistemas no inerciales, además fue la mejor idea que tuvo Einstein en su vida según sus propios escritos (Merleau, 1994). Es en 1907 en la última parte de un artículo sobre «el principio de relatividad y sus consecuencias» (el título del artículo original es «Über das Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen») donde esboza el principio de equivalencia y es la base de la teoría de la relatividad general. La genialidad de la idea se basa en que asocia dos conceptos aparentemente sin relación: el de la «fuerza real de atracción gravitatoria» y el de la «relatividad del movimiento».

Según Einstein (1922): «a la suposición de la completa equivalencia física de los sistemas de coordenadas no inerciales la llamamos el principio de equivalencia, principio que está íntimamente vinculado con el teorema de la igualdad entre la masa inerte y la gravitatoria».

Para nuestro propósito educativo enunciaremos el principio de equivalencia de Einstein de una forma sencilla: un sistema acelerado (con una aceleración a) es equivalente a un sistema sometido a una gravedad $g = a$, y viceversa.

En el caso más general en el que un sistema esté sometido a un campo gravitatorio con una gravedad g y acelerado con a , se puede simplificar y considerar el sistema de una gravedad propia $g_p = g - a$. (Herrero F., 1997).

La utilidad de estas consideraciones es que dan solución a casos desde el relieve al papel del Paradigma actual en todos los campos de la Física, aquellos que implican a la medida de parámetros desde sistemas con movimiento relativo de velocidad variable, o no inerciales:

Se utiliza del Paradigma los supuestos modos de comportamiento de los sistemas de referencia entre sí. Concretamente el Principio de Relatividad, y el procedimiento de aplicar un grupo de transformación adecuado, como el del caso de energías o velocidades de la vida cotidiana, o bajas (usamos el de Galileo). Se hace la elección de uno de los sistemas Tierra (Universo o de las estrellas fijas) el ligado al objeto, al que llamamos S y S' será el otro, acelerado (a_0) respecto al primero, y con posible interacción con el objeto: F'.

Derivando la ecuación de transformación de la posición, obtenemos la relación de aceleración.

La interacción desde cada sistema con el objeto se obtendrá multiplicando por la masa m .

La interacción sobre el objeto desde cada sistema se medirá como F' para S' y F para S.

Según esto, ahora $-ma_0$ representa sólo un factor de conversión que es el que se ha venido denominando «fuerza de inercia», lo cual es innecesario y puede conducir a errores conceptuales, por lo que a partir de este momento bajo el P. de equivalencia, prescindimos de tal denominación.

Ejemplo 2º:

Se trata de otro caso concreto al que se le aplica el procedimiento.

Un péndulo de masa m está unido al techo del autobús por una cuerda que forma un ángulo P con la horizontal.

Autobús acelerado respecto a Tierra con aceleración a_0 y que representan los dos sistemas S' y S.

Se decía (según el M. newtoniano) que «esto permite identificar el movimiento (asimétrico) acelerado, ya que el caso de considerar la Tierra en movimiento acelerado no se inclinaría el péndulo». Es éste un planteamiento que se rehace bajo el Paradigma actual, ya que el péndulo, Tierra y Universo (estrellas) forman en su conjunto el sistema S y si se considera acelerado $-a_0$ respecto del autobús, situación simétrica es lo que Einstein convierte esta reciprocidad en el «Principio de equivalencia» y a la Fuerza correspondiente la denomina gravitatoria o inercial en función de esa relatividad entre los sistemas de referencia.

Resolvemos ahora el problema: La relación que utilizamos es la vectorial: $F' = F - ma_0$

Desde S': F' es la fuerza de interacción con el sistema con m así que es la tensión de la cuerda.

F es la fuerza que se aplica a m , es decir en este caso la gravitatoria mg .

El factor $-ma_0$ es contraria a a_0 .

En S' el sistema está en equilibrio, es decir $a' = 0$; es decir, F' debe anularse o ser igual y contraria a las otras:

$$T^2 = (mg)^2 + (ma_0)^2$$

$$mg = T \sin(p) \qquad ma_0 = T \cos(p)$$

Resolvemos ahora desde el sistema S (Tierra):

Para él, el péndulo recibe una fuerza que le comunica la aceleración $a = a_x$, y que para S es a_0 en el eje x: $F_x = T_x + 0$; $ma_0 = T_x$; $ma_0 = T \cos(p)$ en el eje y hay equilibrio $F_y = 0$; $0 = T_y - mg$; $mg = T \sin(p)$ (ahora T se usa aplicada al objeto). Lo que coincide con el resultado cuando se mide desde S', como era de esperar.

La utilización del Principio de Relatividad o aceleración propia a' en el mismo sentido que la gravedad propia, resuelve el problema de medir parámetros relativamente a cualquier sistema, sin tener que recurrir a adicionales «fuerzas de inercia».

Esta propuesta de resolución desde el Modelo de la Física actual es importante ya que atiende un problema que viene poniéndose de manifiesto reiteradamente en trabajos de investigación en didáctica como el siguiente:

«Fuerzas de inercia y enseñanza de la Física», de José M^a Oliva Martínez y Alfonso Pontes Pedrajas.

Introducción. En este trabajo vamos a realizar una reflexión de carácter epistemológico y didáctico sobre el escurridizo tema de las fuerzas de inercia y su relación con el análisis de algunos problemas físicos que presentan cierto interés.

El bloque de contenidos de la dinámica se incluye en todos los niveles de la educación científica desde la enseñanza secundaria obligatoria hasta la enseñanza universitaria. En la enseñanza secundaria el estudio de este tema se centra en las nociones de fuerza, movimiento y las leyes de Newton, pero se observa una omisión de cualquier aspecto referente al problema de la validez de los principios de la dinámica en función de los sistemas de referencia y, en consecuencia, de la noción de fuerzas de inercia. Tal circunstancia se comprende en la primera etapa de la enseñanza secundaria (12-16 años), dado que se trata de un tramo obligatorio dirigido a la totalidad de los ciudadanos y no se trata de formar a especialistas. No obstante, el descarte a priori de esos contenidos en una etapa postobligatoria, como lo es el bachillerato, con un marcado carácter propedéutico como la propia legislación señala, no resulta tan evidente, y merece cuanto menos un examen reposado a partir del cual poder extraer conclusiones.

Análisis crítico y conclusiones. Se observa, como vemos, un cierto paralelismo entre las concepciones que defienden los alumnos, algunas de las imprecisiones y errores que manejan los propios libros de texto, y algunas ideas desarrolladas a lo largo de la historia. Este es el caso de las ideas defendidas por Borelli y otros pensadores anteriores o contemporáneos a Newton, en torno a la consideración de la fuerza centrífuga como una fuerza real sin alusión explícita al sistema de referencia elegido, conceptualizando la trayectoria circular como una situación de equilibrio. Esta triple coincidencia podría explicarse a través de cuatro mecanismos:

1. Estas ideas responden a nociones intuitivas que surgen en pensadores y científicos a lo largo de la historia, y se reproducen en alumnos y en adultos en su proceso de aprendizaje (Saltiel y Viennot, 1985). Se trataría, pues, de auténticos obstáculos epistemológicos en el sentido propuesto por Bachelard (1987).

2. Los errores que se manifiestan en los libros de texto, y que pueden ser asumidos por los profesores que no adopten una postura crítica, tienden a reforzar esta visión intuitiva que aporta el razonamiento de sentido común.

3. La instrucción habitual suele ignorar estas barreras epistemológicas, lo cual sin duda dificulta su tratamiento didáctico y propicia su persistencia a lo largo del tiempo, subsistiendo incluso en alumnos universitarios y postgraduados. Normalmente la enseñanza utiliza las nociones de fuerza de inercia y de fuerza centrífuga, más como instrumentos operativos que permiten aportar métodos para resolver problemas que como consecuencias del

análisis de los límites de validez de las leyes newtoniana desde distintos sistemas de referencia, en línea con la filosofía de los trabajos de Euler y Clairaut.

4. Las simplificaciones que obliga a hacer el tratamiento de estos tópicos complejos en niveles de enseñanza elementales -como puede ser, por ejemplo, *prescindir del sistema de referencia desde el que se realizan las observaciones, o ignorar los problemas históricos que llevaron a su introducción en el cuerpo de conocimientos de la Física- no contribuyen a un aprendizaje realmente significativo ni a la adquisición de una visión del problema epistemológicamente adecuada.*

Ignorar la existencia de estas nociones intuitivas no supone una garantía para evitar su interferencia y participación en el proceso de construcción de significados que establecen los alumnos durante el aprendizaje. En segundo lugar, si se quiere ofrecer una imagen aproximativa de la ciencia, que sea capaz de mostrar no sólo sus éxitos y contribuciones a la interpretación del mundo en que vivimos, sino también sus barreras y limitaciones, resulta preciso mostrar el ámbito de validez de las teorías que se estudian. Ello, en el caso del estudio de los principios de la dinámica, *nos lleva de forma ineludible al estudio del papel de los sistemas de referencia.* (Oliva J. y Pontes A., 1994).

Ejemplo 3º. En él se significa cómo en la utilización de procedimientos, particularmente los matemáticos, se hace necesario declarar las características que los vinculan al Método: aspectos tales como: *por qué son útiles, por qué son necesarios o cómo actúan sobre las magnitudes afectadas por ellos*; todo lo cual deriva del papel que se les asigne desde el Paradigma. Autores como José Vera Blanco evidencian cómo se cae en el exceso en el uso operacional matemático frente a los conceptos en los particulares apuntados: «Algunas consideraciones sobre la utilización de las Matemáticas en la enseñanza de Física de BUP y COU».

Los peligros de la utilización excesiva del aparato matemático

Quede bien esclarecida, de entrada, la necesidad de las Matemáticas para comprender bien la Física. Roper (1989) comenta con ironía cómo algunos profesores de Física, en su intento de eliminar las dificultades debidas a las Matemáticas, diseñaron cursos «básicos» en los que se redujo «el nivel y el papel de las Matemáticas hasta el punto de que la Física llegó a ser más difícil de entender» (I.c., p. 26). Las Matemáticas son necesarias, pero, admitido esto, conviene ser consciente de los riesgos que conlleva su utilización inadecuada.

1. En primer lugar conviene advertir que la utilización del cálculo, sobre todo por parte de alumnos con gran habilidad para ello, no implica necesariamente dominio de los conceptos físicos. Como indica Saltiel (1991), el cálculo permite escamotear la comprensión de la Física.

2. El intento de enseñar conceptos de Física, cuando el alumno carece del instrumental matemático necesario para su comprensión, puede conducir a aprendizajes memorísticos o erróneos. En otro lugar (Vera Blanco, 1992) se han descrito dos tipos de fenómenos relacionados con ello. Uno es el comportamiento de los alumnos que quedan atrapados en el desarrollo matemático utilizado para explicar un concepto o para describir una regularidad. Algunos, incapaces de descubrir el por qué de cada paso de la deducción matemática, abandonan el proceso de razonamiento y pasan a aprenderse de memoria la fórmula final. Otro es la incapacidad de los alumnos para captar de forma adecuada algunos conceptos físicos, cuando carecen de ideas claras sobre lo que es diferenciar o integrar.

Implicaciones para la práctica docente

Conviene distinguir entre la capacidad de operar y una comprensión a fondo que va más allá de las verbalizaciones y del empleo de las reglas de cálculo. (Vera J., 1993).

Y de acuerdo con esta idea se postula por:

Una introducción de las Matemáticas será significativa, si los procedimientos matemáticos se justifican adecuadamente como expresión válida para relacionar magnitudes, evidenciar resultados, sacar conclusiones, etc., y cualquier operación podrá ser asumida, incluidas las en apariencia más abstractas. Los aspectos que creemos no deben omitirse antes de entrar en aplicaciones de cálculo sobre magnitudes son, sobre todo, los que explican el proceso a que a éstas les somete el proceso matemático; un ejemplo:

Cálculo diferencial:

Debería primero significarse que se trata sólo de realizar un cociente entre magnitudes físicas (de sus variaciones), lo cual es válido o posible, dado que éstas se avienen con un Paradigma, el cual consigna que éstas son consecuentes con el algoritmo de la suma.

Análisis del proceso, desde un punto de vista que siga las operaciones a que se someten las magnitudes físicas tratadas. Simplificando lo más posible los pasos, pero sin omitirlos.

Si una magnitud «y» varía en función de otra «x», y consideramos el cociente entre sus respectivas variaciones para intervalos distintos, para intervalos como (x_3-x_2) , (x_2-x_1) , tendentes a cero, ésta podría ser una aproximación a la definición de DERIVADA.

Su cálculo se puede significar para funciones concretas: partiendo de la propia definición y desde el procedimiento de sustituir «y» por el valor en la función de «x» tal como $x = x_1 + (x_2-x_1)$, etc., se puede mostrar que son operaciones sencillas las que llevan a un resultado manejable, como eliminar términos despreciables, lo que conduce a una expresión finita y característica.

Otro ejemplo de cálculo analítico que a veces se presenta oscuro es el cálculo INTEGRAL

De forma similar: 1º Conviene dejar claro que su papel sobre todo es el de calcular la función cuya derivada es la función «y» a integrar. Por lo que se aplica igual algoritmo.

(Un sondeo, algún procedimiento y la constatación de su validez permite elaborar integrales de funciones diversas).

2º Debe razonarse qué proceso o modificación sufren las magnitudes afectadas.

Si desde la notación y_3, y_2, y_1 significamos el valor de una función en la que sustituimos valores para la variable x_3, x_2, x_1 , etc.

Por la definición de derivada, y operando: $y'_1(x_2-x_1) = y_2-y_1$; $y'_2(x_3-x_2) = y_3-y_2$...

Sumamos miembro a miembro: $y'_1(x_2-x_1) + y'_2(x_3-x_2) + \dots = y_3-y_2 + (y_2-y_1) \dots = y_3-y_1$

Así determinado, se revela el resultado, la integral, como un proceso en el que se sustituye el valor x_3 en la función menos la misma en el valor x_1 , que se denomina definida, o entre límites.

Así se muestra existe desde el punto de vista conceptual o físico, una EQUIVALENCIA entre el proceso de integrar y el de sumar productos de términos del tipo expresado. Y físicamente, cuando integramos no tendremos la sensación de estar aplicando una operación abstracta, sino que tenemos claro que estamos *sumando valores variables* de la magnitud «y» por *intervalos* de la variable «x».

Y es útil por ejemplo, al caso del trabajo de una fuerza que está variando con el camino que recorre. (López y Rosado, 1995).

Ejemplo 4º. El siguiente ejemplo va a servir para analizar cómo ciertos errores conceptuales observados pueden responder a la falta de rigor de exposición sobre el quehacer científico, y falta de asunción sistemática del Paradigma.

«Investigación científica e investigación-acción en Didáctica de la Física», de Luis Rosado y José M^a Oliva Martínez.

Planteamiento del problema

El problema objeto de estudio consistía en superar la dificultad general observada en nuestros alumnos, año tras año, en el aprendizaje de contenidos relacionados con el tema de las fuerzas gravitatorias y el concepto de campo. Estas dificultades no se limitaban a los niveles inferiores, como 2º de BUP, sino que se acentuaban a medida que los contenidos crecían en dificultad, llegando al Curso de Orientación Universitaria, en el que se seguían detectando numerosos errores conceptuales, incluso en temas considerados básicos y elementales en cursos anteriores. Ello nos llevó a realizar una investigación-acción en este ámbito, con objeto de profundizar en diversos aspectos relativos a la didáctica de las ciencias que nos permitiesen luego obtener respuesta al problema que habíamos detectado. La descripción detallada del estudio realizado se ha ofrecido ya en otro trabajo anterior (Oliva y Rosado, 1993), por lo que aquí nos limitamos sólo a exponer los aspectos más relevantes de la misma.

Metodología empleada

Se investigaron las nociones previas y errores conceptuales más frecuentes que, según la bibliografía existente, suelen presentar los estudiantes a lo largo de la Enseñanza Secundaria. La existencia en nuestros alumnos de esos errores conceptuales se pudo comprobar a través de cuestionarios escritos y de las discusiones que se establecieron en las clases cuando se propusieron en ellas actividades tendentes a detectar este tipo de preconcepciones.

A continuación mostramos algunos de los preconcepciones más estudiados a lo largo de la bibliografía, en relación a la temática del problema planteado.

1. Existencia de un *arriba* y un *abajo* absolutos. Muchos alumnos, sobre todo de edades inferiores, tienden a conceptualizar los efectos de caída, no en términos de fuerzas atractivas hacia el centro de la Tierra, sino a partir de un esquema que concibe la existencia de un *arriba* y un *abajo* absolutos.

2. El peso depende de la configuración que adopta un sistema. Para muchos estudiantes, el peso de un cuerpo o sistema depende de la forma que se coloque. No consideran, por ejemplo, como equivalentes situaciones como las que se producen cuando un cuerpo se sitúa sobre una superficie horizontal, o cuando se coloca colgando. Suelen considerar que el peso es superior en el segundo caso que en el primero. Se viola así el principio de conservación de la masa y se considera, de una forma implícita, que otros factores, además de la masa y la gravedad, definen la variable peso.

3. El peso depende del estado de movimiento de un objeto. Algunos estudiantes creen que el peso de un cuerpo es distinto en reposo que cuando se encuentra en movimiento descendente de caída, y llegan a considerar que se hace cero en el momento justo que alcanza el punto más alto de la trayectoria después de lanzarse hacia arriba en dirección vertical.

4. El peso depende de una forma apreciable de la variable altura, incluso para pequeñas diferencias. Una parte importante de los alumnos, al comenzar sus estudios de Enseñanza Secundaria, consideran que el peso de un objeto varía de un modo ostensible para pequeñas variaciones de altura. En concreto, la idea más frecuente consiste en considerar que los cuerpos aumentan de peso al elevarse. Se confunde así la fuerza gravitatoria con la noción de energía potencial.

5. El peso no es una fuerza sino una propiedad de los cuerpos. Constituye una concepción alternativa bastante extendida, que suele mantenerse inalterable al final de los estudios de bachillerato, al menos en una cierta población estudiantil. Según esta noción, el peso no se consideraría como el producto de una interacción entre la Tierra y el objeto, sino como algo inherente al objeto.

6. Confusión entre las nociones de atmósfera y gravedad. Según esta concepción, los fenómenos gravitatorios estarían estrechamente ligados a la presencia de un medio material, como el aire, de modo que la existencia de gravedad no sería posible en ausencia de aire.

7. La gravedad actúa sobre unos cuerpos y no sobre otros. Según este esquema, la gravedad podría ejercer un cierto efecto selectivo sobre los cuerpos que se encuentran en su seno, lográndose hacer efectiva en forma de fuerzas en unos casos y no en otros.

8. Sobre un astro que gira alrededor de otro actúa una fuerza en la dirección y sentido del movimiento. Constituye una noción extendida, no sólo en alumnos de Enseñanza Secundaria sino, incluso, en alumnos universitarios de ciencias y en profesores. Es una ocasión más -entre las muchas en las que se ha detectado- en las que se pone en evidencia la asociación que se suele establecer entre fuerza y movimiento, considerando que para que un cuerpo se mueva en una dirección ha de existir una fuerza que lo impulse constantemente en esa dirección.

9. Cuando un astro gira alrededor de otro, el cuerpo se mantiene en equilibrio, sin caer, debido a que la fuerza centrífuga neutraliza la fuerza atractiva. Esta preconcepción, que podría ser adecuada desde el punto de vista científico si se matizara que se realiza desde un observador no inercial, contiene varias ideas erróneas que se comentan después.

Los resultados alcanzados en una prueba final, destinada a comprobar la persistencia en los errores conceptuales iniciales, sirvieron para comparar el nivel de cambio conceptual alcanzado en los alumnos del ensayo y los alumnos que siguieron una enseñanza de tipo tradicional (Oliva y Rosado, 1993).

Conclusión sobre el ejemplo anterior

Se aprecia en la muestra de preconceptos del problema planteado que *la mayoría de los errores conceptuales detectados se generan por la falta de un marco general claro*; los objetivos, declaraciones, recursos, etc., desde donde configurar conceptos. Es decir, *la falta de un Método*. Hecho que ponemos de manifiesto, haciendo un análisis de cada punto anterior (para lo cual se han numerado):

1. Falta haber partido de una declaración de los conceptos, como el de suceso, sistema de referencia, dimensión, posición respecto a..., etc.
2. A falta del concepto de fuerza, derivado de los recursos necesarios a los objetivos (que no se declaran), se aprecia la falta del recurso específico previo de lo que se define como fuerza central.
3. Al no haber sido declarado previamente y de forma general el concepto de fuerza como intercambio de momento, o como causa de variación del momento (es decir, causa de *variación*), puede incurrirse luego en dichos errores.
4. Una vez definida la interacción gravitatoria con rigor, como una interacción fundamental en la naturaleza, no hay problema en considerar la aproximación particular a la que se hace referencia.
5. Un error que debe aclararse desde la declaración de aspectos del Método que se aplica, como por ejemplo la naturaleza de la magnitud que se denomina peso (como una fuerza particular).
6. Bajo la definición según el Paradigma actual de fuerza como intercambio (y a distancia incluso o siempre) no debe dar problemas sobre el medio en que se produce ese intercambio. El concepto de campo como región donde se manifiesta dicho intercambio

también debe quedar definido en el Paradigma (y si se quiere, asociarlo al concepto relativista de deformación).

7. Desde la definición de suceso material en el e-t como objeto de interacción no da lugar a consideraciones de sucesos de «otra» naturaleza.
8. Vuelve (como en el 3º) a ser este error consecuencia de no haber hecho clara referencia al concepto de fuerza.
9. Este error surge de no haber especificado abundantemente sobre el concepto fundamental del Paradigma de la Física en relación a los conceptos de medir, recursos de la medida y medida de magnitudes derivadas de la posición en relación a un sistema de referencia (material tridimensional y arbitrario). Los procedimientos que en este caso hacen posible la medida de parámetros desde un sistema de referencia en función de las medidas obtenidas respecto a otro sistema deben estar incluidos en el Paradigma: como los grupos de transformación que resuelven cualquier problema desde diferentes observadores y la relación de sus medidas. No debería así surgir ningún error y no hacen falta fuerzas adicionales que no son más que los parámetros que surgen de aplicar la relación del grupo de transformación adecuada.

Ejemplo 5º. El siguiente artículo aprecia que existen errores en la enseñanza de «Física Moderna», como los que se reseñan a continuación, y pone de manifiesto la necesidad de un currículo que contenga aquellos pilares que signifiquen adecuadamente estos contenidos:

«Errores comunes sobre relatividad entre los profesores de enseñanza secundaria», de R.A. Alemán Berenguer.

1º La ecuación de Einstein sobre la equivalencia entre masa y energía sirve tan sólo para el paso de las unidades de masa a las de energía o viceversa, persistiendo en todo caso una separación profunda entre ambos conceptos.

La energía y el momento lineal forman un tetravector de cuatro componentes (E, cp_x, cp_y, cp_z) , siendo la energía propia -es conveniente evitar la expresión «energía en reposo» para poder incluir en la discusión los fotones y demás partículas con la velocidad de la luz que jamás están en reposo relativo- el módulo de este vector según la métrica de Minkowski.

2º La masa relativista incrementa su valor con la velocidad, lo que explica que un cuerpo acelerado jamás alcance la velocidad de la luz.

Este es un malentendido directamente emparentado con el anterior. Si no comprendemos la naturaleza unitaria, desde un punto de vista tetradimensional, de la masa-energía y el momento, mal podremos percatarnos de que en el enunciado superior se utiliza un lenguaje newtoniano.

La conclusión es, por lo tanto, que el comportamiento del espacio-tiempo es el que nos veda el acceso a la velocidad de la luz, no la variación de una masa que sólo tiene sentido en la física newtoniana.

3º En relatividad son completamente equivalentes los conceptos de sistema de referencia, sistema de coordenadas y observador.

La física se ocupa de los sucesos o estados del mundo natural y de las leyes que los gobiernan; es decir, se refiere a la realidad independientemente de cómo se aparezca a un observador en concreto. Por eso es innecesario hacer continua mención del observador en el sistema de referencia tal o cual (como hace, por ejemplo, Birdgman [1927] e innumerables otros imitan). Un referencial puede estar ocupado o no por un observador (pensemos en los

sistemas de referencia tan habituales en física que se ubican en el centro de la Tierra o del Sol), y en muchas ocasiones ese pretendido «observador» ni siquiera tiene por qué ser humano (piénsese en las sondas espaciales o en los detectores automáticos de multitud de fenómenos).

4° La relatividad es una teoría que se ocupa de nuestros procesos de medición en condiciones extremas de velocidad o energía. Y dado que los efectos relativistas conciernen, no al espacio y al tiempo en sí mismos, sino a nuestras medidas de ellos, no tenemos razones que nos obliguen a cambiar estos conceptos respecto de los de la física anterior a Einstein.

Las tan conocidas transformaciones de Lorentz no se aplican propiamente al comportamiento de «reglas y relojes» (vocabulario éste muy corriente en los textos relativistas), sino al contrario; estas transformaciones determinan las propiedades del espacio-tiempo en sí mismo considerado, lo que a su vez regirá el comportamiento de las reglas y los relojes, «que no hay distancias ni duraciones más verdaderas que otras, sino que todas son igualmente legítimas según el sistema de referencia con respecto al cual se determinen».

5° La relatividad nació a resultas de la insatisfacción engendrada por las conclusiones negativas de los intentos de Michelson-Morley sobre detección del movimiento absoluto con respecto al éter. Ese fue el experimento crucial que impulsó a Einstein a desarrollar su teoría de la relatividad especial.

Existen serias dudas de que Einstein estuviera al corriente de los experimentos de Michelson y, si lo estaba, el hecho es que no influyeron casi nada en su línea de pensamiento (Holton, 1982; Sánchez Ron, 1983). Asimismo, ningún experimento por sí sólo, y menos si es negativo, puede generar una teoría.

6° La relatividad presupone el electromagnetismo clásico (o en general las teorías de campos de masa nula), por lo que se debería enseñar como una prolongación de la electrodinámica de Maxwell-Lorentz.

Todavía hoy el error de considerar esta teoría como un apéndice de la electrodinámica clásica (Whittaker, 1960; Bell, 1990) es localizable en los escritos y en la mente de notables científicos. No ha sido fácil para todos comprender que el principio de relatividad es una especie de requisito geométrico previo.

7° La característica más sorprendente de la relatividad es que la velocidad de la luz (c) es independiente tanto de la velocidad de la fuente emisora como del observador que la mide.

Sí es asombrosa, en cambio, la conclusión de que la luz no precisa de medio alguno en el que propagarse, aun cuando parcialmente siga siendo considerada como una onda.

8° La relatividad, por sus complicaciones teóricas y su alejamiento de la vida práctica, es un artículo intelectual de lujo. Sería mejor prescindir de ella y dejar su enseñanza para quienes deseen ser especialistas en la materia; los demás podemos desenvolvemos muy bien con la física clásica.

La relatividad especial ha impuesto sus condiciones en toda la física de partículas (colisiones de alta energía, efecto Compton, antimateria, etc.), y ha sugerido una masa ingente de experimentos y explicaciones que sin su existencia hubiesen sido inimaginables: aceleradores de partículas, radioastronomía, reacciones nucleares y un sinnúmero de fenómenos que con asiduidad son noticia de portada en los medios de comunicación.

La teoría de la relatividad en su conjunto y la relatividad especial en concreto han evolucionado de forma indeleble nuestra concepción del mundo, de modo que ignorarlas supondría un retroceso intelectual imperdonable para quienes han de educar las mentes de los estudiantes hacia un futuro preñado de desafíos. (Alemán R.).

Consideraciones sobre estos puntos:

1. Es cierto que debe quedar claro que se produce una auténtica equivalencia, lo cual sólo es aprehensible si dos pasos se han dado con todo rigor y significación. La consideración de c como un parámetro constante, e independiente del sistema medidor y el concepto de masa-energía como componente de un mismo vector, surgen de los Postulados del Modelo.
2. Ciertamente es una cuestión que debería plantearse desde el comienzo de la adición relativista que se deduce de los Postulados, que junto con los principios de conservación

- conduce a una interpretación sobre el espacio-tiempo, energía e impulso como componentes de elementos de cuatro dimensiones, donde la masa y energía son componentes variables según la rotación que se haga de ejes (o cambio del sistema de referencia).
3. En realidad las medidas relativas a diferentes sistemas o patrones son las que nos permiten simplemente obtener información sobre separación y coincidencia respecto al sistema elegido, sea el que sea.
 4. Es cierto que es un error considerar que los efectos relativistas conciernen a los procesos de medición en vez de a la estructura en sí misma de lo medido. Estructura que se ha de comenzar a interpretar desde la aplicación del Modelo, como hecho a su vez dependiente del sistema referente.
 5. Es cierto que experiencias como las de Airy o Fizeau fueron las que deciden a Einstein (se comentan en las U.D.) y otras sobre la luz solar..., pero además es que el Modelo o Paradigma derivado de los Postulados es en sí mismo completo y conforme a todos los fenómenos.
 6. De nuevo es cierto que la geometría del espacio-tiempo y la equivalencia en ésta de las leyes de la Física son lo sustancial. Es decir, en definitiva aclarar qué es fáctico, y qué convencional.
 7. Es cierto que la característica más sorprendente de los Postulados de la Relatividad es que la independencia de la velocidad de la luz de la fuente y observador se conjugue con su forma de TRANSMISION, ya que esta «forma» es la que se postula, es decir, que sea independiente del medio.
 8. De acuerdo. La Física Clásica no es capaz de resolver fenómenos que interesan a la Física de hoy.

Conclusión:

Los errores más comunes sobre Relatividad provienen, como se ha enjuiciado, de una enseñanza que no elabora desde el comienzo un plan de trabajo, que afín con el Método Científico, debería incorporar como recurso propio la adopción de Modelos y así la configuración del Paradigma actual.

Anexo III. Acciones llevadas a cabo: Proceso de creación de recursos

Introducción

La problemática puesta de manifiesto conduce finalmente a la reflexión a cómo arbitrar soluciones: soluciones que parece han de pasar por la creación de materiales de Física, capaces de generar el currículo actualizado para Bachillerato buscado, no adaptaciones, que superficiales, se ha visto acercean deficiencias en el aprendizaje.

Así, desde este propósito se dan los siguientes pasos:

- Instrucción previa.
- En atención a la ontología.
- En atención a lo epistemológico.
- Proceso de creación: Selección de los materiales que se cree oportuno crear. Descripción de los materiales.

Instrucción previa

Se consideran dos aspectos:

Ontológico.

Epistemológico.

La determinación de la ontología

Se acude a las fuentes que pueden proporcionar una información específica y completa de los temas en cuestión, tratando con ello no incurrir desde el comienzo en posibles errores conceptuales, fuentes que pueden dividirse en tres clases:

- 1^{er} grupo: Materiales ya creados, algunos mencionados en el Anexo I, por su empeño de atender el Currículo más actual, de los que se procedió al resumen de lo más relevante.
- 2^o grupo: Libros de instrucción específica, en general dirigidos al nivel universitario. Textos como «Relatividad Especial», de A.P. Frenech; «Introducción a la Relatividad Especial», de James H. Smith; «Física», de J. Franeau; «Teoría cuántica de átomos, moléculas y fotones», de J. Averi, que se implican en la complejidad de estos temas.
- 3^{er} grupo: Materiales de divulgación.

En relación a los dos segundos grupos, cabe destacar en orden a la utilidad que han proporcionado:

2^o grupo:

- «Relatividad Especial», de A.P. Frenech: es un texto dirigido a niveles de iniciación científico-técnica. Se trata de una introducción en todos los aspectos: descriptivos, procedimentales y de resolución, desde la Teoría de la Relatividad Especial, su incidencia en otros campos de la Física, como mecánica o electromagnetismo.
- «Introducción a la Relatividad Especial», de James H. Smith. su interés está en que abunda en el estudio de casos, los que representan como consecuencia de aplicar la Teoría de la Relatividad, e interpretación de fenómenos y conceptos por ella, como son el de tetradimensionalidad, cuadvivector, rotación de ejes, energía relativista, etc.
- «Física», de J. Franeau, y «Teoría cuántica de átomos, moléculas y fotones», de J. Averi: específicamente instruyen en la utilidad del uso del Modelo Relativista a la hora de estudiar los fenómenos del mundo microscópico que así pasan a ser representados en él, configurado como «partículas-onda» o «campo de materia cuantizado», base de las Físicas cuántica y nuclear. Su nivel es superior, o para especialistas, pero proporciona bases conceptuales del Paradigma o la forma en que éste integra el mundo macroscópico y microscópico o toda clase de fenómenos bajo únicas teorías.
- Otros textos: «Fundamentos de las teorías de espacio-tiempo», de M. Friedman; «Principles of Cosmology and gravitation», de M. Berry, y «Teoría clásica de campos», de L. Landau; han servido para informar o describir el modelo que desarrolla la Teoría de la Relatividad General, y significado de los principios que la sustentan, interpretación de fenómenos y a los elementos que constituyen la base de la formulación de las ecuaciones de la dinámica, y de los campos gravitatorio y eléctrico bajo el citado modelo

Grupo 3^o: Libros de divulgación. Cabe citar:

- «La frontera del infinito», de P. Davies, de la editorial Salvat. Util porque ilustra desde un tratamiento con diagramas sobre aspectos de los campos de fuerza como el gravitatorio, desde la Teoría de la Relatividad General.

- «La explosión de la Relatividad», de M. Gardner, de la editorial Salvat; y «ABC de la Relatividad», de B. Russell, de la misma editorial. Son relatos sobre el significado e interpretación del «principio de equivalencia» de la Relatividad General y controversias filosóficas que suscita. El segundo también es un repaso conceptual sobre la Teoría.
- Otros, como «La cuarta dimensión», de R. Rucker; «Tenía razón Einstein», de Clifford M. Wil; o «De los átomos a los Quarks», de James S. Trefil; informan, el primero, en el difícil campo de las dimensiones múltiples, el segundo es un relato sobre las evidencias experimentales a las teorías, y el tercero trata sobre la experimentación en Física nuclear.
- Revistas, reseñas de cursos...

Interés de toda esta instrucción: estriba en que desde ella se hace la justa selección de conceptos que un estudiante precisa antes de iniciarse en estudios de contenido científico-técnico, o de otros tales como filosofía, literatura, periodismo, etc., con los elementos inclusores necesarios a los modelos actuales, sin errores conceptuales.

Fuentes epistemológicas

La intención de configurar materiales didácticos conforme a un Currículo, como por ejemplo los que sugieren las propuestas ministeriales, que además concluye que «es preciso dotar a los materiales de recursos didácticos», lo que debe pasar por el análisis de los de la pedagogía.

Se parte del trabajo efectuado por expertos: didactas o profesionales de la enseñanza.

Puede no obstante sintetizarse, que los recursos van a surgir de tres modelos didácticos fundamentales:

- *Conductista:*

Es el más tradicional y cotidiano, quizá porque no requiere la excesiva estructuración previa de los materiales.

Representa una enseñanza basada en la DECLARACION DE VERDADES a unos alumnos «supuestamente» receptivos.

- *Constructivista:*

Frente a un conductismo en entredicho, cree en la necesidad de «negociar» los contenidos, conceptos, etc., objeto de aprendizaje, el alumno, desde o en función de sus carencias, necesidad de instrucción, aspiraciones..., en contextos como el social, cultural, etc., no sólo recibe sino que con su bagaje de conocimiento debe CONSTRUIR los nuevos.

- *Realista:*

Defiende, frente a la postura anterior más radical, un mínimo de objetividad en la declaración del saber científico. Una REPRESENTACION fiel, un MAPA que se fundamenta en:

- a) P es un verdadero hecho sobre el mundo.
- b) A cree en P.
- c) A tiene una razón fuerte para creer en P,
base fundamental del conocimiento científico.

De los dos últimos se destaca:

De la Teoría constructivista:

«Es preciso en primer lugar tratar con informaciones provenientes de distintas fuentes (análisis socio-antropológico, pedagógico, inteligencia artificial, análisis psicológico...)», o además: «las informaciones que proporciona el análisis psicológicos son útiles para seleccionar objetivos, contenidos, para establecer secuenciaciones...» (Coll C., 1986). Y aunque no se dispone de una teoría comprensiva de la instrucción con apoyatura empírica y teórica suficiente, sí de múltiples teorías que proporcionan informaciones parciales pertinentes, por ejemplo los enfoques cognitivos de la teoría genética de Piaget y sus colaboradores de Ginebra, es fundamental en lo que concierne a la concepción de los procesos de cambio. «O la teoría del origen socio-cultural de los procesos psicológicos superiores de Vygotsky..., que contempla la relación entre aprendizaje y desarrollos, y la importancia de la interacción interpersonal».

O las que postulan por la estructura cognitiva basada en la realización de aprendizaje significativo puede concebirse en términos de esquemas de conocimiento (Anderson, 1977), entendidos como «un conjunto organizado del conocimiento; pueden contener tanto conocimientos como reglas para utilizarlos, referencias a otros esquemas, o ser específicos. Los *esquemas* como estructuras de datos para representar conceptos genéricos almacenados en la memoria aplicables a objetos, situaciones, sucesos, secuencias de suceso, acciones y secuencias de acción» (Coll, 1986).

Novak define así los conceptos: «describen la regularidad o relación de un grupo de hechos, y se designan con un signo o símbolo, y a los hechos como registros de acontecimientos. «Los conceptos son aquello con lo que pensamos» (Novak, 1982). Citando a Ausubel, en el Prefacio de su «Educación y Psychology: A cognitive view» (1968), de todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en que el alumno YA SABE. El término «estructura cognitiva» tiene un significado especial para Ausubel. Considera que el almacenamiento de información en el cerebro está altamente organizado, con conexiones entre elementos antiguos y nuevos que dan una jerarquía conceptual, frente a un aprendizaje «memorístico» en el que adquiere nueva información sin relación específica.

O también los Paradigmas como elementos en la organización del conocimiento:

Thomas S. Kuhn: se ocupa del campo concreto de la «Ciencia normal» como actividad para la resolución de enigmas.

En su uso establecido, un paradigma es un modelo o patrón aceptado. Para Kuhn tiene *tres clases de problemas: la determinación del hecho significativo, el acoplamiento de los hechos con la teoría y la articulación de la teoría*, agotan la literatura de la ciencia normal.

Kuhn dice: las obras científicas sirvieron, implícitamente durante cierto tiempo, para definir los problemas y métodos legítimos de un campo de la investigación para generaciones sucesivas de científicos. Llama paradigmas a realizaciones que comparten dos características: carecen de suficientes precedentes como para atraer a un grupo duradero de partidarios, incompletos para ser resueltos por el redelimitado grupo de científicos. Son definiciones de los problemas y métodos en un campo de la investigación. Los hombres cuya investigación se basa en paradigmas compartidos, están sujetos a las mismas reglas y normas para la práctica científica.

La transición de un paradigma en crisis a otro nuevo del que pueda surgir una nueva transición de ciencia normal. Es más bien una reconstrucción del campo, a partir de nuevos fundamentos.

El análisis de Thomas Kuhn a través del estudio de la filosofía y de la ciencia, le llevó a ver que la ciencia se caracterizaba más por los paradigmas que empleaban los científicos que por sus métodos de investigación. Kuhn describe lo que es un *paradigma fundamental* «como un esquema conceptual o un par de anteojos perceptivos a través de los que los científicos observan los problemas de un campo concreto». La ciencia se guía por un paradigma aceptado. Cuando es imposible aplicar un paradigma a un conjunto importante de problemas, hay que inventar uno nuevo y sobreviene una revolución científica (Kuhn T., 1962). En la teoría de Ausubel parece evidente que la función de los conceptos en la estructura cognitiva es de alguna manera análoga al papel de los paradigmas kuhnianos en el campo científico. Los paradigmas ayudan a los científicos a encontrar nuevos significados en datos ya conocidos o información para solucionar «puzzles». Los conceptos en la estructura cognitiva (lo que Ausubel llama conceptos INCLUSORES) facilitan el aprendizaje significativo.

La teoría del apredizaje de Ausubel y la de asimilación de R.E. Mayer de bloques de conocimiento altamente estructurados como los esquemas de Andeson, Norman, Rumelhart, Minsky..., inspiradas en el procesamiento humano de la información, postulan que el CONOCIMIENTO PREVIO ORGANIZADO *en bloques interrelacionados, es factor decisivo en la realización de nuevos aprendizajes*. «La enorme eficacia del aprendizaje significativo como medio de procesamiento y almacenamiento de la información puede atribuirse en gran parte a sus dos características: la *intencionalidad* y la *sustancialidad de la relacionabilidad* de la tarea de aprendizaje con la estructura cognitiva» (Novak, 1982).

Y abundando en esta concepción constructivista: Se ha demostrado que la mayoría de las leyes llamadas conductistas sólo se cumplen bajo circunstancias especiales y que, básicamente, sólo tienen valor explicativo dentro de los marcos experimentales de los psicólogos, no en el aula, proceden de la doctrina filosófica del periferismo que considera como especialmente determinantes de la conducta a los procesos sensorio-motores externos, idea fomentada por el empirismo: «sólo las cosas visibles por todos pueden considerarse como observaciones» (Novak, 1982).

El papel de la fisiología:

La base biológica del aprendizaje significativo supone la existencia de CAMBIOS en el número de las características de las neuronas. El fenómeno psicológico supone la asimilación de nueva información por una estructura específica de conocimiento YA existente en la estructura cognitiva del individuo. Ausubel define estas entidades psicológicas como CONCEPTOS INCLUSORES.

Se puede relacionar, igualmente, según Novak, aprendizaje significativo con las ideas de *asimilación y acomodación* de Piaget. La relación que establece Piaget entre Biología y Conocimiento:

Piaget compara la epigénesis (entendida la epigénesis como teoría que niega la existencia en el óvulo de preformaciones) con una construcción matemática progresiva. Posteriormente se demuestra que el desarrollo embrionario es epigenético, pero no únicamente, ya que el ADN se presta por combinatoria de elementos en su cadena elicoidal a colocaciones diversas que sugiere preformaciones (en este sentido, Piaget considera un origen genético para la inteligencia pero no para el pensamiento).

«Esta comparación es tanto más convincente cuanto que el desarrollo de las operaciones lógico-matemáticas en la ontogénesis (nombre que se da a la historia del desarrollo embrionario) de la inteligencia en el niño, plantea exactamente el mismo problema (cuestión) de preformación o de construcción epigenética que el que se discute en embriología causal» (Piaget J., 1969).

Piaget distingue estadios particulares o períodos en la inteligencia operatoria. Distinguiré un período que comienza hacia los 11-12 años que se caracteriza por las operaciones proposicionales (implicaciones, etc.).

Todo mecanismo depende de una red de interacciones más que de la acción de los genes individuales. El retorno a la trayectoria normal o «creoda» (nombre que propone a las «rutas necesarias» para caracterizar desarrollos particulares de órganos) y llama sistema epigenético al conjunto de creodas). Supone por lo tanto un juego complejo de REGULACIONES.

El interés de la noción estriba en una nueva concepción del equilibrio, en cierta manera cinemático, que determina tales procesos, y que es muy distinto de la homeostasis (mantenimiento de las constantes físicas y químicas de un organismo). Insiste en suponer el hecho de que la creoda y su homeoresis (cambio por desviación inducida de su trayectoria) suponen un aspecto espacio-temporal y no sólo espacial.

El crecimiento intelectual (según este paralelismo) tiene sus «creodas» y no pueden ser aceleradas al menos sin perder correspondencias. El problema es el de las relaciones entre la equilibración y el equilibrio como estado final. En una palabra: la homeoresis hace posible la homeostasis al asegurar la construcción estructural de órganos, pero la homeostasis resulta de que se pongan a funcionar estos últimos por efecto de nuevas interacciones (sobre todo desencadenadas por el sistema nervioso). El órgano diferenciado de la regulación es precisamente el sistema nervioso, instrumento por lo demás de las funciones cognitivas, y en cierta medida, el sistema endocrino (hormonas, agentes de equilibración química) en interacción con el sistema nervioso.

Por el origen ectodérmico parece predestinado a especializarse en las recepciones exteriores, sin limitarse a recoger «inputs» o informaciones, sino que reacciona con respuestas activas que modifican el medio. A partir de estas interacciones primitivas donde los factores internos y externos colaboran de manera inseparable, los conocimientos se apoyan en dos direcciones complementarias, las acciones y en los esquemas de acción, fuera de los cuales no hacen ninguna presa, ni sobre lo real ni sobre el análisis interior.

La primera de éstas (la más precoz), la que respecta a la adaptación al medio, es la de la conquista de los objetos o conocimiento de datos, que no es aprendizaje si no copia de la realidad, y puesto que intervienen necesariamente factores de regulación, obedecen al hecho de que todo conocimiento está ligado a acciones y de que el desenvolvimiento de estas acciones supone su coordinación. La toma de conciencia de las condiciones internas de esas coordinaciones, conduce por reflexión a las construcciones lógico-matemáticas que conducen a los conocimientos físicos sistematizados, representa la segunda dirección: la inteligencia.

«Cuando se pasa a las funciones cognoscitivas, se contempla simplemente una prolongación de este proceso de diferenciación especializadora, pero sin ruptura con las fuentes morfogenéticas y estructurales de la organización vital. Desde el punto de vista neurológico el sistema nervioso no se limita a sufrir una acción apremiante por parte de los estímulos sino que da testimonio de actividades espontáneas y no acepta los estímulos más que si está sensibilizado a ellos, es decir, si los asimila activamente a esquemas previos de respuesta. Es en esto en lo que consiste el comportamiento: un conjunto de elecciones y acciones sobre el medio que organiza de manera óptima los intercambios, en el aprendizaje: el ser vivo ASIMILA las SEÑALES y ORGANIZA ESQUEMAS DE ACCION que se imponen al medio, a la vez que se adaptan a él. No existen primeros procesos de organización, de adaptación, de «memoria» o conservación o anticipación, etc., y después organismos reguladores destinados a afinarlos o a corregir sus errores, sino que cada uno de estos mecanismos forma parte de un mecanismo constructivo cuya condición esencial de funcionamiento es la de ser autorregulador sin lo cual perdería su identidad. Von Vexküll dice: la célula no es sólo una máquina, sino un maquinista» (Piaget J., 1969).

Lógica y Memoria:

La relación entre esta segunda dirección y las funciones reguladoras del sistema nervioso tienen un modelo de conexión en los mecanismo cibernéticos (máquinas que utiliza el sistema binario, como los ordenadores); esta comparación arroja una luz sobre los mecanismos autorreguladores, comprobando que todos tienen la MISMA LOGICA a aritmética binaria (donde las respuestas «salidas» son función de las «entradas» estímulos tras un proceso de regulación lógica («puertas lógicas Y, O, NO», en los microprocesadores, por ejemplo).

Mayer, basándose en las secuencias lógicas de los procesadores (ordenadores cibernéticos) de análisis de analogías y diferencias de series de bits, realiza medidas sobre conocimiento verbal y la influencia sobre éste de la MCP y MLP. Por ejemplo: aptitud verbal alta y relación con capacidad de almacenamiento en memoria (MCP) (MCP= memoria a corto plazo, L= largo plazo).

Mayer analiza los trabajos experimentales de Thorndyke sobre la estructura de la información verbal. Encuentra que el practicar con una historia determinada facilita la comprensión de otra

historia con la misma estructura. «Es necesario que emisor y receptor utilicen las mismas estructuras de sucesos que se van a comunicar. Por ejemplo: una estructura es la que guía historia de esta forma; por ejemplo: escenario + tema + trama + resolución. Escenario= personajes + lugar + tiempo; tema= suceso + objetivo; etc.» (Mayer R., 1985).

Enfoques cognitivos que indican la estructura, por ejemplo: a través de REDES, ARBOLES, diagramas...

Ciencia y Pedagogía:

Driver hace una mayor concreción bajo el enunciado: implicaciones pedagógicas de la visión constructivista del aprendizaje.

«Actualmente está emergiendo la comprensión de otro aspecto importante de cómo se organiza el conocimiento. Se ha realizado la distinción entre lo que se ha denominado «conocimiento declarativo» (conocer «qué») y «conocimiento procesal» (conocer «cómo»). Estudios recientes sugieren, además, que el razonamiento se describe mejor mediante representaciones de procedimientos» (Driver R., 1986).

Resumen:

Quien aprende CONSTRUYE ACTIVAMENTE SIGNIFICADOS (Willroch, 1980), se estudia sobre las formas en que comprendemos (un texto, el mundo físico...), lo que sugiere que interpretamos activamente nuevas experiencias mediante analogías *a partir de las estructuras de conocimiento que ya poseemos lo que a su vez puede modificar dichas estructuras.*

«Toulmin, desde la perspectiva constructivista, dice: los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje en el sentido de que han de dirigir su atención hacia la tarea de aprendizaje y hacer uso de sus propios conocimientos para construir ellos mismos el significado. Frente a una orientación de la instrucción directa que considera el aprendizaje bajo control externo, resaltando sólo los procesos analíticos en la resolución de problemas contraponemos: LA ORIENTACION DE CAMBIO CONCEPTUAL que toma en consideración explícitamente las concepciones iniciales y diseña formas de cambiarlos» (Driver R., 1986).

Se considera generalmente que esta orientación implica un cierto número de pasos: la identificación y clasificación de las ideas que ya poseen los alumnos. Los puentes en cuestión de las ideas de los estudiantes a través del uso de contratiempos. Invención o introducción de conceptos (presentación explícita a través de materiales de instrucción). Proporcionar oportunidades a los estudiantes para usar las nuevas ideas.

En la enseñanza de las ciencias, supone, entre otras cosas: proporcionar al inicio de un tema un amplio abanico de experiencias físicas, observar, representar, discutir, interpretar...

«Una aún mayor concreción de las implicaciones didácticas más relevantes de las facetas más innovadoras, pueden resumirse en cambios en relación a: los objetivos de la enseñanza de las Ciencias; la organización y secuenciación de los contenidos del currículo; el enfoque didáctico adoptado al desarrollar esos contenidos; el papel del profesor y del alumno en el aula al proceso de evaluación» (Rosado L. y Oliva J.M., 1992).

La aportación del Modelo Realista:

El Racionalismo:

Se completa la formación en el campo de la epistemología, «el cómo enseñar», acudiendo ahora al trabajo de J. Osborne, «Realismo revisado»:

Este artículo ofrece una crítica al constructivismo como ciencia de educación (en la enseñanza de la ciencia), la cual es un intento de definir e identificar no sólo la debilidad sino el acierto del constructivismo.

Su éxito ha sido generar un cuerpo significativo de datos empíricos, el cual han contribuido a nuestro conocimiento y al entendimiento de las dificultades en el aprendizaje de la ciencia.

Sin embargo, como referencia teórica, carece de (sufrir el efecto) una epistemología instrumental, la cual es una mala puesta en práctica de las vistas y práctica de la ciencia y científico.

Nociones de la verdad han sido simplemente remplazadas por el concepto de «viabilidad» y el fallo de examinar cómo una idea podría ser considerada como más viable que otra es una negación de la objetividad y de la racionalidad de la ciencia.

¿Por qué importa la epistemología?

La ciencia ofrece las respuestas a las distintas preguntas que están en todos los aspectos importantes de la educación de ciencia:

- ¿Qué sabe? (cuestión ontológica).
- ¿Cómo lo sabe? (cuestión epistemológica).
- ¿Qué pasa? (pregunta causal).
- ¿Qué podemos hacer con nuestro conocimiento? (pregunta tecnológica).
- ¿Cómo podemos comunicar estas ideas? (pregunta comunicadora).

Millar (1995) discute que los objetivos de la educación en ciencia son para aprender algo sobre el cuerpo del conocimiento de ciencia, algo sobre los procesos con los que el conocimiento está generado, y algo sobre la manera en que el conocimiento es socialmente construido. Todas estas perspectivas tienen un tema fundamental en común -que el conocimiento y el entendimiento de la epistemología de ciencia es un aspecto esencial de cualquier educación de ciencia y, cualquier ensayo que rechaza una consideración de él es incompleto y epistemológicamente débil-.

Entonces, un eje central del argumento presentado aquí es que la epistemología importa.

Este punto es también enfatizado por Duschl (1990), que comprende que «para pensar un completo retrato de ciencia, debería un currículo de ciencia exigir no sólo lo que es sabido por la ciencia, sino también cómo la ciencia llega al conocimiento».

Entonces, los conceptos, hacer pruebas, la identificación y control de variables, la generación de la hipótesis, el reconocimiento y medida de fuentes de error, el criterio con el que una teoría se distingue de otras, la repetición de la determinación experimental, y el uso del promedio, son todas ideas son esenciales pues permiten que conocimiento científico se distinga frente a la pseudociencia.

La epistemología tradicional que está basada en la visión de que el conocimiento es un término exitoso. Exitoso en el sentido de que **A** es capaz de hacer una declamación **p** acerca del mundo porque:

- p** es un verdadero hecho sobre el mundo;
- A** cree en **p**;
- A** tiene una razón fuerte para creer en **p**.

De esta manera el conocimiento estará distinguido de la opinión y del requisito por la razón como el camino de la **evidencia al conocimiento fundamento de la racionalidad de la ciencia**.

El constructivismo radical es un intento manifiesto y deliberado para huir de una base epistemológica como esto.

Por ejemplo, Glaserfeld (1993). Esencialmente para él, «el conocimiento es siempre el resultado de una actividad constructivista, y entonces no puede ser trasladado a un receptor pasivo».

Pues como argumenta Tobin (1994): «el constructivismo es un juego de creencias acerca del conocimiento que comienza con la suposición de que en la realidad existe pero no puede ser sabido, como un juego de verdades».

Para el realismo, incluso el realismo más modesto. Los científicos actúan en el mundo, ellos intervienen, manipulan y miden. Su lenguaje o discursos están limitados, no por sus imaginaciones o condiciones de cultural, sino por la evidencia que ellos recogen para cada acción en el mundo. Nosotros podríamos pensar lo que queremos, pero no podemos lo que queremos. Entonces, la naturaleza siempre constriñe nuestros discursos.

Tal vez, como método que el constructivismo ha tenido el valor más grande en la educación. El mensaje más fuerte de este cuerpo de investigación ha sido exponer la dificultad que muchos niños experimentan en interiorizar los modelos explicativos de la ciencia y aplicarles correctamente.

La declaración más citada de Ausubel (1968) en el significado de la psicología educacional es esencialmente sólo una declaración de buen sentido común, y el éxito del constructivismo ha venido a recordar a los profesores que los niños tienen ideas y teorías y que su pensamiento es la fundación en que nuevos significados deben ser formulados.

La posición cogida aquí es que la educación de ciencia debería intentar comunicar **NO SÓLO LA PRÁCTICA DE LA CIENCIA, SINO TAMBIÉN LAS CREENCIAS** que están ampliamente celebradas por la comunidad científica.

Los pensamientos científicos e ideas de ellos están constreñidos (restringidos) por la manera que el mundo elige comportarse para que los componentes metodológicos de la epistemología científica es una en la que los «mapas» están creados para almacenar y representar informaciones científicas. Tales mapas están contruidos por personas que han trabajado sobre la misma tierra (fundamento) realizando muchas rutas diferentes. La confianza de los científicos en la objetividad de sus descripciones está fundada en el consenso de prácticas e ideas que surgen como los frutos de sus trabajos y acciones en el mundo. Esta es la articulación que distingue la ciencia de otras formas de conocimiento.

Las prácticas de la ciencia, resumidas antes, coinciden ambas con las creencias predominantes de los científicos individuales, y una epistemología del realismo modesto. Además, tal punto de vista tiene implicaciones pedagógicas. El caso para el realismo desarrollado aquí está basado en los argumentos avanzados por Harré (1986) en las *Variedades de realismo*. Harré sensiblemente reconoce que «el realismo máximo», la posición de cualquier individuo que cree que «las declaraciones teóricas son falsas o verdaderas en virtud de la manera de lo que es el mundo», es demasiado fuerte o fácilmente vulnerable para atacar.

El próximo paso significativo de Harré es discutir que hay tres tipos de entidades que nosotros experimentamos en el mundo que requiere no una teoría singular de ciencia pero una triada (traidc). *Las teorías del primer dominio permite las clasificaciones y predicciones sobre objetos macroscópicos que son tangibles y accesibles a experiencias sensorio motoras*; entonces, una teoría típica del primer dominio es el clásico cinemático, un área de la experiencia común. La luna, el ojo, una silla, un muelle, son todos referentes típicos que pertenecen al primer dominio. Entonces, para tales objetos, que tienen un significado en la cognición científica y discurso, es típicamente proveído por la referencia a las muestras que mezcla el significado de los términos descriptivos, y entonces es esencialmente extralingüístico.

Las teorías del segundo dominio son icónicos en el sentido que ellos representan entidades inobservables que son sólo accesibles a nuestros sentidos a través de la instrumentación, como la bacteria y virus. Sin embargo, tales entidades y sus comportamientos son siempre observables, o más o menos, potencialmente a través de la ayuda y asistencia de los instrumentos técnicos. Todas las entidades son producto de una representación de un sistema físico y sus modos de comportamiento, que cuando formulado la primera vez, no ha sido observado.

Finalmente, *las teorías del tercer dominio describen los objetos teóricos*, por lo cual no hay evidencia directa de su existencia, como por ejemplo los agujeros negros del espacio cuyas descripciones son a menudo matemáticas.

La pedagogía realista

Las ideas de Harré proveen una cuenta coherente de la epistemología científica que es más similar a la de un científico practicando y de algunas bases teóricas tentativas para la construcción de un currículo. Las experiencias de los objetos macroscópicos del 1^{er} dominio son aquellos que el niño usa para construir esquemas explicatorios del fenómeno biológico y físico, aunque fragmentado y falto de descripción teórica más que un mecanismo intuitivo (Mariani & Ogborn, 1991; Bliss et al., 1989; di Sessa, 1988) y una biología intuitiva (Carey, 1985). Si es así, una educación de ciencia temprana debería intentar construir y extender la experiencia de los niños al fenómeno microscópico, introduciendo al niño al lenguaje descriptivo del científico y las estructuras teóricas, las ideas del 2^o y 3^{er} dominio, que les permite generalizar de tales experiencias y a interpretar sus actos de percepción con los espectáculos del científico.

Conclusiones

Básicamente hay dos fuentes de aprendizaje humano:

1. Conocimiento adquirido a través de una **interacción sensorial** y motora -es decir, actuando e interviniendo sobre el mundo-.
2. **El conocimiento adquirido**, a través de la transmisión cultural, que es a través de los medios de comunicación o de instituciones especializadas como colegios. (Osborne J., 1996)

Resumen:

Una enseñanza que desde el «realismo revisado» de Harré tenga en cuenta los tres tipos de entidades que señala. En primer lugar, las del dominio de lo accesible *a experiencias sensomotoras*; en segundo lugar, las del dominio sólo accesibles a través de la *instrumentalización o dependientes de la creación de significado extralingüístico a través del uso de la metáfora, símil, teorías, modelos...*; y, finalmente, las del tercer dominio, basadas éstas en la descripción de *objetos teóricos sin evidencia directa de su existencia*, a menudo desde *construcciones matemáticas*.

Es decir, la que desde la «evidencia» consistente con lo que se experimenta, no desdeña adoptar ciertas verdades en las que exista una razón fuerte para creer.

El proceso de creación

Los materiales se dividen en dos tipos:

En primer lugar, los que forman el contexto globalizador para todos los contenidos de la Física; aquellos que en el primer bloque temático del Currículo Oficial de Bachillerato representan la declaración del Paradigma de la Física, su aplicación y consecuencias: como leyes y teorías del «Método Científico», y para todos los campos de la asignatura.

En segundo lugar, asuntos o temas puntuales, que bien ausentes, o deficientemente desarrollados en los materiales (que se han derivado de un Paradigma inadecuado, o bien carecen de conexiones con un mapa conceptual, o teoría convenientemente construida), presentan problemas de comprensión. Particularmente los correspondientes al campo de conocimiento que se viene denominando «Física Moderna», que desde este momento se pretende además pueda ser desarrollada desde dicho mapa o contexto globalizador.

Es un proceso que sobre todo se va a centrar en complementar los materiales existente con objeto de lograr su adaptación al currículo de Bachillerato en las líneas apuntadas. Proceso que requerirá una planificación que guíe la selección, y atienda contenidos.

La selección contemplará además **contenidos**, aquello que constituirá la **evaluación**, y deberá respetar las limitaciones derivadas del Currículo Oficial que señala «mínimos», que dependen del tiempo, materiales disponibles, preparación previa de los alumnos, destreza operacional, etc. El factor que guía esta selección son los objetivos que sugiere la epistemología y que se resumen en que en todo momento el aprendizaje sea significativo: es decir, esté exento de «lagunas conceptuales» que siga un plan o «mapa» de conceptos e intenciones, *todo debe ser definido, orientado a los objetivos, declarado, justificado*.

Sin embargo no todo deberá ser *objeto de evaluación*, los elementos en los que se constituya también deberán ser expresamente indicados: serán así objeto de evaluación, y convenientemente señalado, aquello que en cada parcela se constituye en el Método como: a) objetivo que se desea alcanzar; b) recurso teórico empleado para la consecución del mismo: teoría, ley, modelo, postulado; c) recurso o procedimiento de carácter analítico útil a los fines, y, no en todos los casos, evaluable, aspectos como: indicar su utilidad, sus líneas generales de acción sobre las magnitudes (como qué va a relacionar, y cómo y para qué, por último qué enseñanza se deriva del resultado que produce, a qué relación da lugar, constatación, verificación, etc.); d) también deberán ser suficientemente detallados físicamente y en su forma de actuar, los instrumentos que se emplean, descritos, indicado por qué son útiles, cómo actúan o modifican o muestran algo de las magnitudes sobre las que se aplican; por último e) análisis de resultados: qué informan, confirman, relacionan, contradicen..., o infieren en la vida cotidiana.

Estos materiales luego objeto de investigación, en su contenido destacan la siguiente clasificación:

1. Contenidos que, como materiales de ámbito general, informen sobre la disposición y papel del resto.
 2. Contenidos que en el de lo específico detallan las particularidades del nuevo Paradigma en la Física en general: lo que da lugar a dos tipos:
 - a) Aquello que expresa la declaración de procedimientos, modelos, leyes generales o aplicables en todas las situaciones, como es la declaración del Modelo Relativista, lo que incluye U.D. específicas de instrucción en este tema.
 - b) Aquello que constituye el estudio de fenómenos concretos, que se instruyen en el Paradigma derivado del Modelo actual o Relativista o sus U.D. de aplicación.
- (Los mismos se remiten al Anexo IV).

Materiales didácticos de ámbito general

1ª clase: Descripción

Dos tipos de materiales, que en cuanto al formato se distinguen:

El primero es un diagrama conceptual, o árbol de ramificaciones que relacione, jerarquice.

El segundo es un índice dotado de apartados y subapartados capaz de realizar igual función.

De manera que todos los contenidos, desde los citados elementos integradores se pueden significar, definir, clasificar..., desde el papel que el «Método Científico» les confiere.

Además, 1º y 2º cursos de Bachillerato deberían estar conectados por este mismo elemento (en 1º, una versión más simplificada del mismo), quedando así conceptualmente relacionados desde objetivos y procedimientos, todos los contenidos, con un reparto de *casos* específicos entre los dos cursos en función de su dificultad.

Principal objetivo de estos materiales:

La fundamental, y objetivo de este trabajo, la de adecuar la Física de Bachillerato a un enfoque, que además de ser integrador, parta desde el primer momento del Paradigma actual, dando cabida a la vez al Clásico o Newtoniano.

El Universo ahora se revela complejo y diferente en su función, pero las nuevas teorías nos permiten poco a poco conocerlo y manipularlo, pero a tal fin habrá que arbitrar estrategias, crear el marco adecuado.

Materiales creados de contenido específico: Descripción

Clase 2ª Unidades Didácticas (a) y (b)

Se distingue:

U.D. (a): Introducción al Modelo de la Teoría de la Relatividad.

U.D.(b): Contenidos sobre «Física Moderna» que se configuran como ejercicios de aplicación. Se aporta además material de apoyo que resuelve cada incidencia o duda, amplía conceptos, los aclara, y abre los campos de estudio posteriores: Física cuántica y nuclear.

· *Modo de expresión empleado:*

Finalmente, las recomendaciones en lo epistemológico, conducen a un cuidado de la presentación, que se contextualiza:

- Esquemas narrativos constituidos con «un estilo figurativo»: parecido al «cómic». Las diversas situaciones, las cuales representan el conjunto de acontecimientos objeto de estudio, se van reproduciendo.
- Situaciones compuestas (en consonancia con el nuevo Paradigma), por componentes materiales, tanto los sujetos que realizan las medidas como sistemas de referencia elegidos para medir, para lo cual este estilo narrativo, se adapta perfectamente, ya que atiende dos aspectos, por un lado el necesario carácter *material* de los sistemas, por otro la *subjetividad*; en el proceso de medir, cada sujeto es el que mide, interpreta, compara, saca conclusiones, etc., por lo que la representación de los «cómic» donde los personajes manifiestan su pensamiento a través de «bocadillos» es útil.
- También la inclusión de los instrumentos empleados se integran en las representaciones, así como su incidencia en las magnitudes. Se auna así, en una red o narración lógica, la exposición paralela de contenidos conceptuales, y el proceso matemático que se va utilizando.

Se procura que cada página desarrolle un concepto o historia lógica, así se pueden administrar en distribuciones diversas, proyectar, entregar a los alumnos...

La utilización de los recursos donde la transcripción plástica o visual predomina a la narrativa, y en la que se ve al sujeto «medidor», que hace cálculos, o utiliza un instrumento representado lo más fielmente posible, tiene como objetivo facilitar una comprensión global de aquello que se plantea. Frente a las formas de expresión habituales, que precisan mucho texto si se quiere pormenorizar los detalles, ahora se ilustran los procesos, que precisan del Paradigma Relativista, en el cual todo debe ser de nuevo conceptualizado, descrito y explicado, en él no valen

las referencias a lo percibido desde el «sentido común» o lo supuestamente «sabido», los conceptos y contenidos son contrarios a ese «saber» y precisan de toda una reformulación.

A veces no obstante, la ilustración gráfica parece superflua, en realidad pretende sólo romper la monotonía o la aridez de ciertos procesos, más bien los analíticos, facilitando con su inclusión la memorización y diferencias de los pasos.

Los ejemplos que a continuación se citan, sirven para ilustrar estos asertos sobre la bondad del método. Los tres primeros relatan el tratamiento de asuntos ineludibles, que representan contenidos «mínimos», el cuarto es el estudio de un caso de los que amplían conocimientos y resuelven cuestiones a aclarar. (Se encuentran en la U.D. del Anexo IV).

Ejemplos:

El primero es el «proceso experimental de Michelson y Morley», desde el que tradicionalmente se entra en el estudio de los Postulados.

Una mención narrativa del mismo suele ser muy poco esclarecedora, el sistema es altamente complejo como para ser imaginado, los esquemas representativos habituales suelen ser parciales y no aclaran, por ejemplo, posiciones relativas entre tierra, éter, rayos, observador, aparatos, etc., tanto el montaje, objetivo, elementos que se desean comparar (marcha de los rayos o sus trayectorias) no suele resultar claro en un simple «vistazo». (Anexo IV, págs. 343-346).

El ejemplo que se muestra sí evidencia estos aspectos.

El segundo ejemplo, «los pasos que llevan a la Teoría de Lorentz», es una versión del procedimiento que de forma analítica conduce a la Transformación de Lorentz. El esquema pictórico ayuda a comprobar las relaciones de parámetros según las medidas de cada observador en cada sistema para la aplicación de los Postulados. (Anexo IV, págs. 354-358).

El tercer ejemplo, «sincronización de relojes», muestra el procedimiento de sincronización de relojes en relatividad; es un procedimiento que se elude en los textos habituales y eso a pesar de que ya no sería viable una comparación «acercando» los relojes que era la forma habitual; el nuevo Paradigma necesita recursos nuevos de comparación basados en el único elemento absoluto, la luz, o su velocidad. Además, es importante, ya que la sincronización es elemento básico e ineludible ahora en toda medida física. (Anexo IV, pág. 370).

El cuarto, «hileras de relojes en movimiento», se elige porque es una muestra de cómo una simple narración precisaría de muchas aclaraciones y debe ser pródiga en detalles para este caso. Se trata de «medir» tiempos en hileras de relojes desde sistemas diferentes.

El empleo de expresiones plásticas en el recurso de la dramatización, clarifica de inmediato la situación de lo que acontece a cada observador. (Anexo IV, págs. 368-369).

Anexo IV. Los materiales creados

Introducción

Contenidos y estructura

Los materiales creados, tratan de atender el desarrollo del currículo de la Física unificada que integre adecuadamente su concepción más actual, a la vez que dar significación a los asuntos particulares de este nuevo Paradigma.

También es mejor atendido así el fin propedéutico del Currículo, que se informa desde la Comisión Armonizadora correspondiente, la que en relación a los criterios de corrección de las PAU puntualiza:

«En las respuestas del alumno a cuanto se le pregunte en cada ejercicio, se valorarán los aspectos siguientes:

1. Comprensión del fenómeno físico sobre el que versa el problema o cuestión.
2. Explicación claramente comentada de los razonamientos utilizados y justificación de los mismos.
3. Contestación literal a lo preguntado, acompañada de la correspondiente estimación numérica cuando ésta sea requerida; asimismo, se incluirán las pertinentes unidades cuando lo precise la índole de lo que se pregunta.
4. Crítica racional de cuanto se ha comentado».

Estructura:

Se desarrolla y representa según tres niveles de concreción:

- *Primer nivel:* un Diagrama Conceptual: por las ventajas que un material de este tipo tiene en el comienzo (se acompaña un análisis del mismo), ventajas como la visión global de los asuntos a tratar, sus jerarquías, relaciones, etc.
- *Segundo nivel:* esquema-sumario del Paradigma de la Física general. Su estructura se escalona en un indexado de apartados con subapartados, no dando lugar a lagunas conceptuales.

- *Tercer nivel*: se señalan los puntos de conexión y derivación del estudio de casos o fenómenos concretos dentro del objetivo general, recursos y declaraciones que el mismo aporta.

Lo que luego se contextualiza en lo que como bloque de contenidos se denomina UNIDAD DIDACTICA (U.D.).

Por la diversa *naturaleza* de éstas se van a identificar dos categorías que se ha elegido denominar como U.D.(a) y U.D.(b).

Las U.D. tipo (a) representan aquellos aspectos del Método y su Paradigma, que configura el mapa del quehacer científico en el estudio de los fenómenos: son comunes a todos los campos de estudio.

Las U.D. tipo (b) tienen lugar desde los diversos apartados y representan estudios de casos o fenómenos puntuales, son aplicaciones concretas en lo científico o lo tecnológico del Método, es decir de sus modelos y procedimientos.

Material curricular de carácter general de primer nivel

Diagrama Conceptual del Paradigma de la Física actual:

Análisis del mismo:

«Se considera en la actualidad imprescindible en la didáctica de las ciencias experimentales (como disciplina explicatoria) el uso de argumentos lógicos que estén formados por proposiciones en las que han de intervenir conceptos. Así, en esa tendencia de aumentar la importancia que se concede a los procesos de adquisición de nuevos conceptos y modificación de los conceptos previos (Posner, 1982), investigación de los preconceptos de los alumnos y sus errores conceptuales..., los Diagramas Conceptuales son un medio que facilita la adquisición de conceptos al permitir englobarlos en una estructura comprensiva, en la que se establecen, de forma explícita, relaciones entre ellos» (Antonio Ruiz Sáenz de Miera y Luis Rosado, 1994).

Contenido del Diagrama Conceptual, y criterios que se han tenido en cuenta en su elaboración:

Es un Diagrama que recoge los fundamentos y métodos que utilizan las ciencias (en particular la Física) para comprender, interpretar el Universo, al tiempo que señala el objetivo que le anima a ello.

Todas las Unidades Didácticas que van a representar el conjunto de programas-guía, a través de las cuales se deberían desarrollar los currículos de Bachillerato, o Enseñanza Secundaria,

cualesquiera que incluyan didáctica de la Física, son una aplicación (o deberían serlo) bajo concreciones, de los recursos del paradigma o conjunto de paradigmas que constituyen el Diagrama.

En cuanto a su estructura, el Diagrama atiende a dos categorías: por un lado representa conocimientos declarativos conceptuales; por otro, los procedimientos que permiten transformar, analizar y relacionar los conceptos o las proposiciones (conjunto de términos conceptuales).

Tiene organización jerárquica (Novak, 1988). Unos conceptos van formando la trama de la que participan los siguientes, para concluir en los que se constituyen como objetivo de la Física: posición de la partícula (campo de la materia) o ecuación del movimiento.

Este carácter jerárquico facilita el aprendizaje basado en los conocimientos previos (Ausubel, 1976).

Los procedimientos aparecen por el papel importante que juegan a la hora de incorporar nueva información, ahora en el ámbito concreto de las actuaciones.

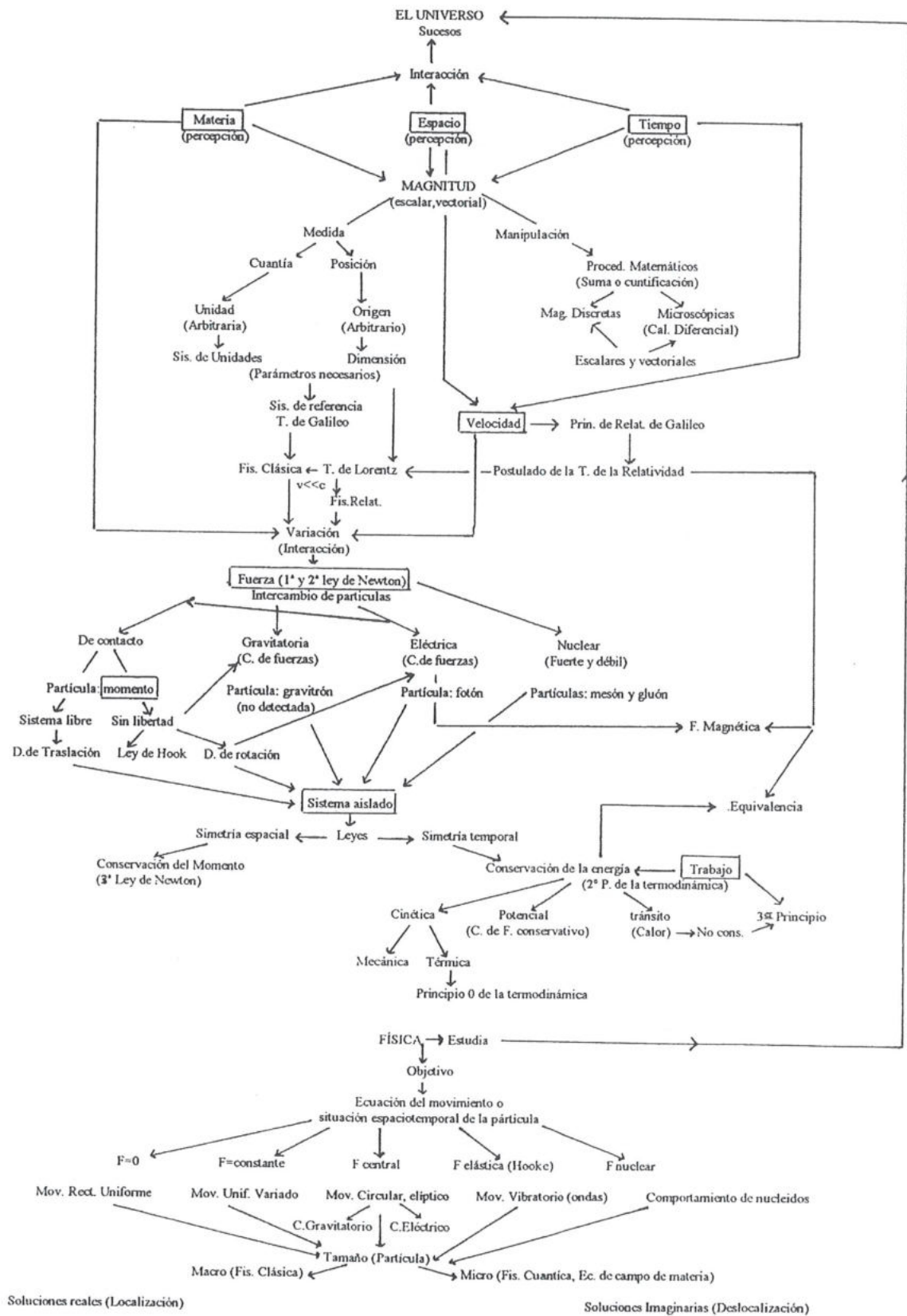
La calidad de conocimiento según Novak y Cowin (1988) va a venir dada por la jerarquización, las proposiciones significativas. En este diagrama las hay de dos clases: las que muestran la relación entre conceptos y las que al lado de cada concepto muestran su definición, origen... Existen además conexiones cruzadas y los ejemplos de aplicación son los campos concretos o específicos ámbitos de estudio o seguimiento, que se incluyen como objetivo final.

El diagrama está abierto no sólo a las interpretaciones de la ciencia empírica, sino también a la llamada «Física de dos comportamientos» (J. López de Lerma, 1989).

Resumen:

La aplicación de un método en el perfil constructivista, que debe animar la elaboración de materiales (programas guía, U.D., etc., Currículo en general) conduce a que las estrategias deben «propiciar el desarrollo progresivo de las concepciones sobre los fenómenos físicos y facilitar el cambio conceptual» (Drive, 1986). Por ello, es importante, iniciar cada U.D. con una alusión al Diagrama (y quizá no el único) que tenga como característica mostrar el paradigma (o conjunto de paradigmas específicos de cada parcela) que utiliza la Física para interpretar el Universo; entresaca qué objetivos anima su aplicación, bajo qué escenario de conceptos se va a trabajar, su relación, procedimientos que se adecúan, y de qué forma se articulan en él, el conjunto de campos de estudio en su diversidad.

Es ésta una representación que es a la vez declarativa (o de conceptos) y de conocimiento de procedimientos (Rosado, Pontes, 1995).



Materiales curriculares de ámbito general de 2º nivel

Un marco que de forma escalonada, como por ejemplo el caso de un Esquema/Sumario en apartados y subapartados..., señale las dependencias jerárquicas de los contenidos.

En un ordenamiento como el que aproximadamente se muestra a continuación:

- 1º Se señalan los objetos de estudio que interesan a la Física, y en torno a la manera en que son aprehendidos.
- 2º Por qué su estudio conviene, en qué aspectos concretos, en función de qué parámetros, para qué...
- 3º Los recursos de que se va a disponer: recursos para consecución, relación, expresión..., cuidando siempre ir de lo general a lo particular, qué se declara, es decir es axiomático, qué se calcula, experimenta, deduce...
- 4º Proceder a la resolución de cada caso particular, bien por la clase de interacción que actúa y por los grados de libertad asignados, por tamaño, entorno, concurrencia, agregación, etc., lo que tradicionalmente constituye los diferentes temas o capítulos en la bibliografía habitual (libros de texto), como dinámica de sólidos, ondas, termodinámica, etc.

Luego, todo el esquema deberá estar abierto a poder hacer concreciones.

En primer lugar, y por requerimiento de la **epistemología**, las que representen *partir y avanzar desde los conocimientos ya aprendidos*.

En segundo lugar, tener siempre presente el «**Método Científico**»:

- Toda idea, proceso, fenómeno a describir, ley, se sustentará en las evidencias experimentales; huir de la mención escueta por muy sofisticado que sea el experimento.
- También debe quedar claro la clase en los conceptos, que los conceptos se introducen bien por definición, tales como vector de posición, fuerza, cantidad de movimiento, sistema aislado, momento de un vector, trabajo, C.M., etc., o bien por evidencia, tales como «principio de acción y reacción», «leyes de la dinámica», «principios de conservación», «movimiento del centro de masas», «principio cero de la termodinámica», etc., o hipótesis que luego se verifican experimentalmente, «postulados relativistas», «principio de equivalencia», «principio de Fermat», etc.
- O bien se debe dejar claro cuándo se llega a un concepto a través de recursos matemáticos, cuidando siempre que éstos no nos desconecten del fenómeno físico.

Asimismo la **naturaleza de los objetos de estudio** lo que supone una delimitación precisa de sus particularidades:

La materia prima es la magnitud, como todo aquello cuantificable, susceptible de agregación, y así manejable bajo transcripción matemática.

Dejar claro que el concepto de medida se refiere a una unidad y que ésta siempre puede ser elegida arbitrariamente (magnitudes fundamentales), o en función de una ecuación (pero esto por conveniencia, derivadas), que el origen de toda medida es también arbitrario (origen para situar la posición, el tiempo, el potencial...).

Debe quedar igualmente claro el concepto de dimensión, que desde el punto de vista de la posición en el espacio somos tridimensionales.

La importancia de los instrumentos de medida:

En Física, el aparato instrumental de apoyo ha llegado a un grado de complejidad tal que citarlo no implica conocimiento de su manejo y actuación sobre el fenómeno a estudiar o medir.

Se hace necesario, al menos de forma fenomenológica, la descripción de los elementos que se utilizan, y la manera en cómo interfieren en el sistema objeto de estudio, si esto no se aclara se abre un vacío en la cadena de razonamiento, «el fenómeno llega al aparato y pierde nuestro control», efecto muy contrario al modelo de aprendizaje que queremos seguir.

Son instrumentos importantes, por ejemplo, aceleradores de partículas, detectores (cámara de burbujas, de nieblas, etc.), osciloscopios, interferómetros, espectrógrafos, telescopios, etc.

Importancia de los procedimientos matemáticos. Adecuación de su uso. Limitaciones:

Por un lado, es conveniente siempre justificar el uso del procedimiento matemático que se emplee. En Física son una herramienta muy útil pero no deben nunca suplantar el protagonismo del desarrollo teórico.

Hay, en primer lugar, que dejar claro que si son de utilidad, es sólo porque las magnitudes físicas, piezas que constituyen los fenómenos naturales, se comportan (lo que se comprueba experimentalmente) siguiendo las leyes de los procedimientos matemáticos, que, en definitiva, se pueden resumir en la adición, en realidad único procedimiento matemático del que derivan los demás. Algoritmo: que es el de la equivalencia entre un conjunto de porciones y un total.

Y las Leyes del Universo son manipulables desde el punto de vista matemático, porque si una Ley Física se cumple para una cuantía de las magnitudes, se cumple igualmente para cuantías que son un resultado matemático de las anteriores y de la forma prevista en que esa manipulación matemática afecta a la Ley.

Se ofrece a continuación el material creado que como E/S atiende los aspectos planteados.

Esquema de la Física General

1. El objeto de estudio
 - 1.1. Los sucesos. Elementos ligados a la percepción. Conceptos como simultaneidad, referenciación, separación, observables
 - 1.2. Cualidad característica: la cuantificación
 - 1.2.1. Medida, axiomas asociados, instrumentos
 - 1.2.2. Dimensionalidad
2. Objetivo. La ecuación de estado del sistema o conjunto de sucesos
 - 2.1. Parámetros constitutivos de la misma y elementos que los determinan
 - 2.1.1. Conceptos: velocidad, impulso, energía, criterio de signos...
 - 2.1.2. Su evolución. (Interacciones)
 - 2.1.3. Consecución. Enunciado de Leyes
3. Procedimientos generales
 - 3.1. Relativos a la cuantificación, expresión y relación de los parámetros
 - 3.2. Relativos a los acontecimientos que rigen el tratamiento de la evolución (leyes, teorías)
 - 3.2.1. Casos de interacciones (Teorías de campos)
 - 3.2.2. Casos por fenomenología
 - 3.2.2.1. Concurrencia de interacciones
 - 3.2.2.1.1. Din. de rotación. Parámetros asociados: Momentos, etc.
 - 3.2.2.2. Complejidad. Parámetros: Centro de masas, etc.
 - 3.2.2.3. Fenomenología de la transmisión. Ley de Hook
 - 3.2.2.3.1. Conceptos: onda, frecuencia, longitud de onda...
 - 3.3. Relativos a la incidencia del referencial elegido
 - 3.3.1. Declaración de un Modelo (Postulados)
 - 3.3.2. Grupo de Transformación
 - 3.3.3. Incidencia sobre los anteriores elementos
4. Estudio de casos
 - 4.1. Sistema-entorno macroscópico
 - 4.2. Sistema-entorno microscópico

Los subapartados o niveles de órdenes siguientes atienden cada vez lo «más concreto», por ejemplo:

- 4.1.1. Parámetros particulares (aceleración, energía, etc.) y consecución de la ecuación de estado para cada interacción elemental (implicaciones CTS)
 - 4.1.1.1. Gravitación
 - 4.1.1.1.1. Campo gravitatorio. F. característica
 - 4.1.1.1.2. Concepto de C. de F. conservativa
 - 4.1.1.1.3. Movimiento de cuerpos: ecuación de estado
 - 4.1.1.1.4. Tecnología asociado: Astronomía, satélites...
 - 4.1.1.2. Electromagnetismo
 - 4.1.1.2.1. Campo eléctrico...
 - 4.1.1.2.2. Electrocínética...
 - 4.1.1.2.3. Fuerza magnética...
 - 4.1.1.2.3.1. Inducción
 - 4.1.1.2.4. Ondas electromagnéticas
- 4.1.2. Estudio de casos derivados del grado de libertad, concurrencia, complejidad
 - 4.1.2.1. Fenómenos afines a la Ley de Hook
 - 4.1.2.1.1. Movimiento vibratorio
 - 4.1.2.1.2. Ondas
 - 4.1.2.1.3. Óptica
 - 4.1.2.2. Dinámica de sistemas complejos. Parámetros asociados: centro de masas, momentos de inercia, etc.
 - 4.1.2.2.1. Dinámica de sólidos
 - 4.1.2.2.2. Dinámica de rotación
- 4.2.1. Termodinámica. Parámetros asociados: temperatura, calor...
- 4.2.2. Física de partículas
 - 4.2.2.1. Física cuántica. Parámetros, principios, casos...
 - 4.2.2.2. Física nuclear...

Procedimientos relacionados con la elección del sistema de referencia: elección de un Modelo: Introducción a la Relatividad. Modelo del Paradigma actual

3.3.1. Modelo: interpretación de fenómenos del Universo basado en declaraciones o postulados.

a) Sistemas inerciales.

3.3.1.1. Paradigma Clásico o Newtoniano.

3.3.1.2. Paradigma Relativista:

o) Objeto sistema material u onda mecánica: tanto el objeto como el medio incorporan la velocidad del sistema de referencia al que se encuentran ligados.

p) Objeto sistema onda electromagnética: luz. Fenómeno ondulatorio en procesos de interacción, se propaga entre el «vacío» entre las estrellas. (Posee otras particularidades asociadas a los Principios de la Mecánica Cuántica).

3.3.1.1. Modelo Clásico o Newtoniano:

.

.

.

Declara: un espacio y tiempo absolutos, una geometría Euclídea, etc.

s) Las ecuaciones que relacionan el valor de los parámetros medidos desde los distintos sistemas son el Grupo de Transformación de Galileo.

t) Características: cuando se aplica:

o) Objeto: material y ondas mecánicas. Este Grupo de Transformación no permite detectar si es un sistema el que se mueve o el otro (ningún resultado dinámico lo permite); es decir, no detecta el movimiento absoluto, Principio de Relatividad de Galileo.

p) Objeto: onda electromagnética o luminosa: como onda precisa de un medio. Las experiencias como aberración estelar de Airy o de Michelson y Morley, dan resultados contradictorios.

No permiten en ningún caso obtener la velocidad absoluta, o respecto al vacío supuesto «éter», de la Tierra.

.

.

.

i)

3.3.1.2. Modelo del Paradigma Relativista:

r) Postulados de la Relatividad de Einstein.

1º Principio de Relatividad de Galileo: La velocidad de la luz es independiente del «medio» vacío

2º La velocidad de la luz es independiente de la de la fuente emisora (característica de fenómenos ondulatorios).

Conclusion que se deriva de ambos: su velocidad es constante desde cualquier sistema de referencia.

s) Ecuación de transformación: Grupo de Transformación de Lorentz-Einsten.

t) Consecuencias de su aplicación:

o) y

p) Acuerdo. La nueva adición de velocidades explica las experiencias

u)

.
. .
. .
. .
. .

Consecuencias del Modelo Relativista

Desde este modelo reinterpretemos la naturaleza y la relación entre los parámetros: tiempo, posición, masa, energía (ver desarrollo de la U.D. correspondiente), potencia, impulso, etc. También se transforman.

La de mayor importancia, la que se deriva de compatibilizar la adición de velocidades con los Principios de conservación, que lleva al principio de equivalencia masa-energía, y concepto de masa relativista.

La naturaleza de la energía radiante que se desprende de estas consideraciones es la base del desarrollo de la Física Cuántica y Nuclear.

v) Vigencia de la Transformación de Galileo: la Transformación de Lorentz-Einsten para velocidades mucho menores que la de la luz c ($v \ll c$) se transforma en el Grupo de Transformación de Galileo.

El entorno de los parámetros de energías y velocidades asociadas en los que se desean valores, la mayoría de casos a estudiar en Física y sobre todo en Mecánica es tal, que la aplicación de la Teoría de Galileo no conduce a errores y es por ello *vigente*.

- j) Desde esta perspectiva abordamos el procedimiento de estudio de casos que se recogen como sistemas no inerciales.
 - r) Paradigma Clásico.
 - s) Los sistemas de referencia poseen un movimiento relativo acelerado de valor, a lo que desde el Grupo de Galileo conduce a la relación vectorial: $\mathbf{a}' = \mathbf{a} - \mathbf{a}_0$.
 - t) Extensión del principio de relatividad más general de Einstein: Teoría de la Relatividad General: con base en dos postulados: la curvatura del espacio-tiempo y el Principio de equivalencia, referido a la equivalencia entre inercia y gravedad desde el supuesto de que en un sistema y de forma local, gravedad e inercia son formas de percibir aceleración entre el sistema y el Universo.

Así, el problema que se plantea del uso de fuerzas de inercia, es innecesario y el Universo (estrellas fijas) como referencial simplifica los problemas.

Física Cuántica

Postulados adicionales por la incidencia de:

Región de interacción y objeto de órdenes menor a diez a la menos diez (nivel microscópico).

i) Modelo:

r) Conceptos de cuantización, de indeterminación.

Energía: desde la equivalencia masa-energía relativista: el pulso, concepto que engloba el observable de la función de onda o la combinación lineal de sus soluciones complejas en función del tiempo.

El pulso de la radiación electromagnética. Luz o campo cromodinámico, el fotón como elemento de transporte energético: momentum en los procesos que envuelven localización: como absorción, emisión, dispersión, Compton...

(Introducción a la constante de Plank).

s) Dinámica asociada a la distorsión de partículas (con intercambio de las mismas) de naturaleza descrita por lo que denominamos «campo de materia».

Interacciones de las citadas partículas caracterizadas por masa, carga, spin..., y las condiciones físicas del entorno (potencial, etc.).

Fuerza asociada al intercambio de «momentum» (cantidad de movimiento) según la relación de Broglie.

- t) Casos y movimiento: localización desde la combinación de noción de «partícula» o energía: «localización» con la de «campo» asociada al concepto de «extensión» en el espacio y en el tiempo.

Ecuación del «campo de materia» o de Schrödinger: características. No existencia de soluciones reales (imaginarias). Observable el cuadrado de la función, su carácter ligado al de probabilidad en cuanto a la «localización».

Su origen desde los postulados de la Relatividad combinados con los de los procedimientos de resolución de fenómenos de carácter ondulatorio como el de interferencias y pulsación, en el aspecto en que éstos determinan lo que se denomina velocidad de fase y de grupo y la equivalencia de esta última con la del pulso, cuanto o fotón.

- o) Caso: partícula que obedece a movimiento descrito por un pulso (complejo) del «campo de materia», en interacción con ondas electromagnéticas, procesos como absorción, emisión, dispersión Compton, o existe intercambio de «momentum».

Ejemplo: efecto fotoeléctrico.

- p) Interacción desde el movimiento de la «partícula» descrito por el pulso del «campo de materia» evolucionando en el e-t por determinación de las condiciones físicas (energía potencial) y afectado (como todos los campos) por las condiciones de frontera, dando fenómenos similares: de dispersión, interferencias, difracción de ondas...

Ejemplo: átomo de Bohr.

- q) Interacción entre partículas-onda, como un electrón dispersado por otra partícula o un núcleo.

Ejemplo: experimentos de Thompsons y Von Laue que llevan la relación de Broglie: que para partícula libre ($V = u$) y monodireccional, la ecuación de Schrödinger independiente del tiempo conduce a una ecuación similar a la ecuación para la amplitud de ondas estacionarias, que es la solución espacial de la solución compleja.

- r) Partícula libre:

Ejemplo: electrón en un tubo de televisión: similar a partícula Newtoniana.

Otros ejemplos de cómo se puede hacer una introducción a nivel de Bachillerato de los elementos fundamentales que caracterizan el Paradigma actual, son las propuestas de profesores, cuyos resúmenes se ofrecen en el Anexo I.

Material creado de carácter específico, 3^{er} nivel

Unidades Didácticas de Física Moderna o de los elementos que constituyen el Paradigma actual:

Se crea lo que representa una introducción, comprensión a la Teoría de la Relatividad, sus consecuencias más inmediatas de aplicación a la Física, y los fundamentos de la Física cuántica y de partículas o nuclear.

Se hace una diferenciación entre lo que constituye mínimos de aquello que sirve para aclarar conceptos, ayuda a recuperar, a conocer aspectos que despierten interés, de guía, o resolución de dudas, etc. (o material de apoyo para el profesor).

Se crea así el material imprescindible a la introducción de la Física cuántica, y los conceptos mínimos incluso para Física nuclear, tan importantes en todos los currículos.

Consideraciones sobre las Unidades Didácticas que se van a crear:

No es necesario hacer aquí una exposición amplia de hasta qué punto esta Teoría ha supuesto un revolucionario, pero ya irrefutable, Modelo sobre los fenómenos del Universo, al menos frente al anterior. Tan sólo que toda la tecnología actual se basa en este modelo: Física atómica o de partículas, aceleradores, centrales nucleares, los nuevos modelos cosmológicos, telecomunicaciones, viajes espaciales... Así parece imprescindible ayudar a hacer realidad las palabras de Bertrand Russell: «Cuando las ideas que integran la obra de Einstein se hayan hecho familiares, como sucederá cuando se enseñe en las escuelas, reportarán probablemente ciertos cambios en nuestros hábitos mentales y tendrán importancia a largo plazo».

El momento anunciado por B. Russell parece llegado: inclusión de estos temas en los nuevos currículos de Bachillerato: Reales Decretos como el 1.179/1992 de 2 de octubre, establece en el currículo de Bachillerato (BOE nº 253, de 21 de octubre de 1992) y en el último apartado - Introducción a la Física moderna- contribuye a la consecución de los objetivos generales del currículo, especificados en los decretos a través de *tres bloques de contenidos*:

- Fenómenos que no se explican con la Física clásica. Postulados de la Relatividad Especial.
- El efecto fotoeléctrico y los espectros discontinuos. Insuficiencia de la Física clásica para explicarlos. Teoría de Plank. Hipótesis de De Broglie. Comportamiento cuántico de las partículas (fotones, electrones, etc.). Relación de indeterminación. Desarrollo científico y tecnológico que supuso la Física moderna.
- Aplicaciones de la Física moderna: Física nuclear. Radioactividad. Interacción nuclear fuerte. Energía de enlace. Fusión y fisión, sus aplicaciones y sus riesgos. Introducción al estudio de las partículas elementales.

Y el más actual (aún no en curso):

Es evidente que el desarrollo comprensivo de estos bloques temáticos está basado en uno de los resultados conceptuales que se derivan de la Teoría de la Relatividad Especial y la aplicación de sus Postulados el de *la equivalencia masa-energía*.

Los materiales creados seguidamente pretenden dejar bien sentadas las bases experimentales y conceptuales para desarrollar el citado tema. Una U.D. de Introducción a la Relatividad y aspectos sobre lo que su aplicación supone.

El desarrollo toma como base el documento *Materiales Didácticos. Física*. Jordi Solbes Matarredona. Ministerio de Educación y Ciencia, donde se asigna una distribución temporal, que según el documento sugiere una dedicación al contenido «Elementos de Física Relativista» de 9 horas. Esta Unidad dedicará a lo más teórico (introducción) un tercio de este tiempo, el otro tercio se dedicaría al desarrollo equivalencia masa-energía, masa relativista..., y el tercer tercio a crítica y cálculos concretos, aplicaciones, sociedad, y evaluación.

Se comenzaría con una derivación del E/S o Diagrama fundamenta, al que se le añaden los subapartados que conducen a la U.D. concreta de estos temas.

Contenidos de estas Unidades:

Fenómenos y experiencias que llevan a la formulación de los Postulados. Significado de éstos con ejemplos. (U.D. tipo a).

Consecuencias en la medida de la aplicación de los Postulados. Transformación de Lorentz. (U.D. tipo a).

Medida de la velocidad desde sistemas diferentes, ecuaciones, consecuencias, velocidad límite, concordancia experimental: primera hipótesis sobre equivalencia masa-energía ante el desacuerdo con la tesis clásica. Otras consideraciones en torno a la interpretación del Universo. (U.D. tipo a). Estudio de casos. (U.D. tipo b).

La Introducción a la Física Cuántica y Nuclear (U.D. tipo b) se desarrolla aparte del horario asignado a ésta.

Presentación:

La Teoría de la Relatividad estudia fundamentalmente procesos de medida de magnitudes desde diferentes sistemas de referencia y a lo que ello nos conduce.

Esta subjetivización se hace fácil *utilizando* dibujos, esquemas con *personajes*, por ello esta Unidad Didáctica se construye a base de ellos y en clase, aunque sea esquemáticamente, deben utilizarse.

Cada proceso se procura ocupe hojas con planteamiento y desenlace completos, o que cada folio posea entidad propia y una estructura narrativa, lo que, según Mayer, ayuda a su asimilación y aprendizaje significativo.

Introducción al Modelo de la Relatividad del Paradigma actual

Unidades Didácticas de Física Moderna

Material de carácter específico

INTRODUCCIÓN

Tanto la Teoría Cuántica como los Postulados Relativistas tienen su origen en el intento de interpretar hechos experimentales puntuales, que además refutan los antiguos conceptos sobre: el espacio, el tiempo, la naturaleza de la energía radiante...

Su enunciado surge de la observación de sucesos cotidianos: el movimiento, la luz...

La Física estudia el Universo como conjunto de sucesos, los cuales acontecen como MATERIA en un INSTANTE y POSICIÓN, respecto de un sistema de referencia también material, elegido arbitrariamente.

Son la masa, el tiempo y longitud sus magnitudes representativas, y a través de ellas cuantificaremos los parámetros de cada suceso. Magnitudes que se portan según las leyes de la adición matemática (el todo = las partes), y que mediremos por comparación con la unidad (porción elegida arbitrariamente).

Materia: es la OPOSICIÓN «inercia» a las variaciones de la variación de la posición respecto al tiempo (velocidad).

Tiempo: como *separación* de sucesos en una misma posición.

Espacio: como *separación* de sucesos en un mismo instante (lo que implica el concepto de sincronización de relojes en el sistema de referencia elegido). Es magnitud TRIDIMENSIONAL (son necesarios tres parámetros: coordenadas para situar espacialmente un objeto).

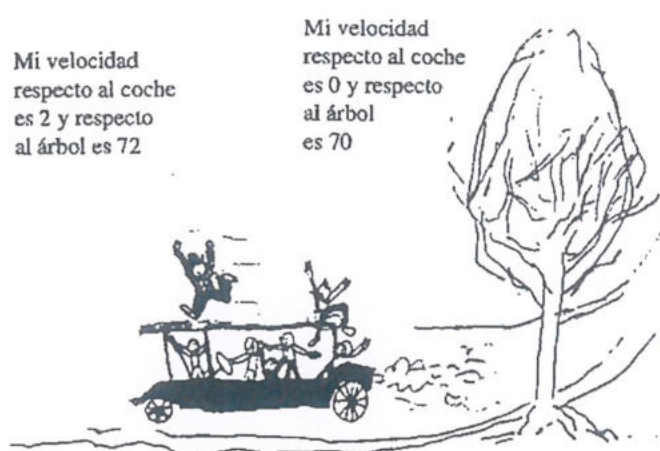


¿Qué es
el movimiento?

Teoría de la relatividad: base del Paradigma de la Física actual

La Teoría de la Relatividad formulada por Einstein, y que se sustenta en dos postulados: surge por la convergencia de observaciones experimentales no explicables por los modelos que la Física aporta en ese momento, y por el empeño de hacer prevalecer unos principios frente a otros.

El Principio de la Relatividad de Galileo: muestra la necesidad de referir siempre nuestro movimiento A UN SISTEMA (Sistema de Referencia) elegido arbitrariamente (no se puede hablar de movimiento “absoluto” o respecto al vacío). Por otro lado existe siempre el intercambio de papeles o simetría entre el Sistema de Referencia y el objeto. Sólo podemos constatar el movimiento relativo entre ellos, sin afirmar quién se mueve o quién está quieto.



¿Tiene sentido decir... que un cuerpo completamente solo en el Universo... se mueve?

MOVERSE... es variar nuestra posición respecto a otro. Ese otro es el SISTEMA DE REFERENCIA.

La medida de la velocidad es distinta según el sistema de referencia elegido (velocidad: como lo que varían nuestras coordenadas o posición respecto al sistema elegido).

Lo que NO NOS PERMITE AVERIGUAR QUIÉN SE MUEVE.

SISTEMAS DE REFERENCIA INERCIALES

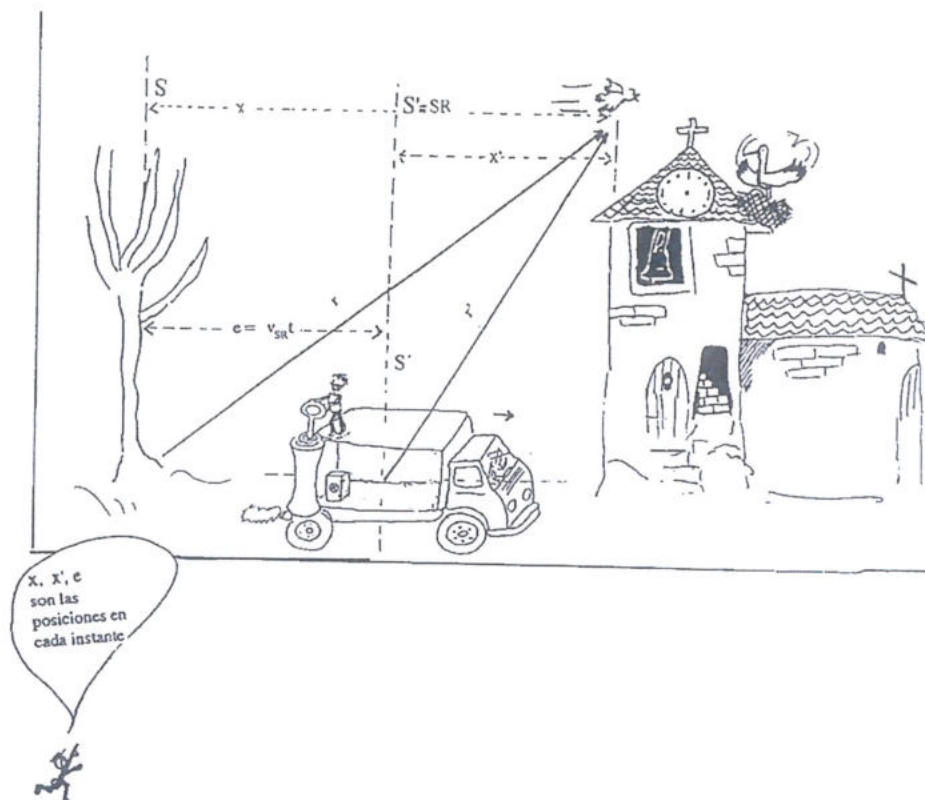
Las medidas desde sistemas de referencia llamados inerciales diferentes (con movimiento uniforme o velocidad constante incluido el cero) muestran que las Leyes de la Dinámica permanecen idénticas o se cumplen de igual manera, en cada uno de ellos

Definido el vector de posición \vec{r} o \vec{r}' de un punto como el que tiene de componentes las coordenadas del punto y la velocidad como la derivada o variación en un instante del mismo (o de sus componentes), podemos calcular la ecuación de relación entre la de la velocidad medida en un sistema de referencia y las del otro: derivando la ecuación de TRANSFORMACIÓN DE LAS COORDENADAS (ecuación que nos da las coordenadas del punto en un sistema si conocemos las que tiene en el otro).

$$x' = x - e$$

$$x' = x - v_{SR}t: \quad \frac{dx'}{dt} = \frac{dx}{dt} - v_{SR}$$

$$v' = v - v_{SR}$$

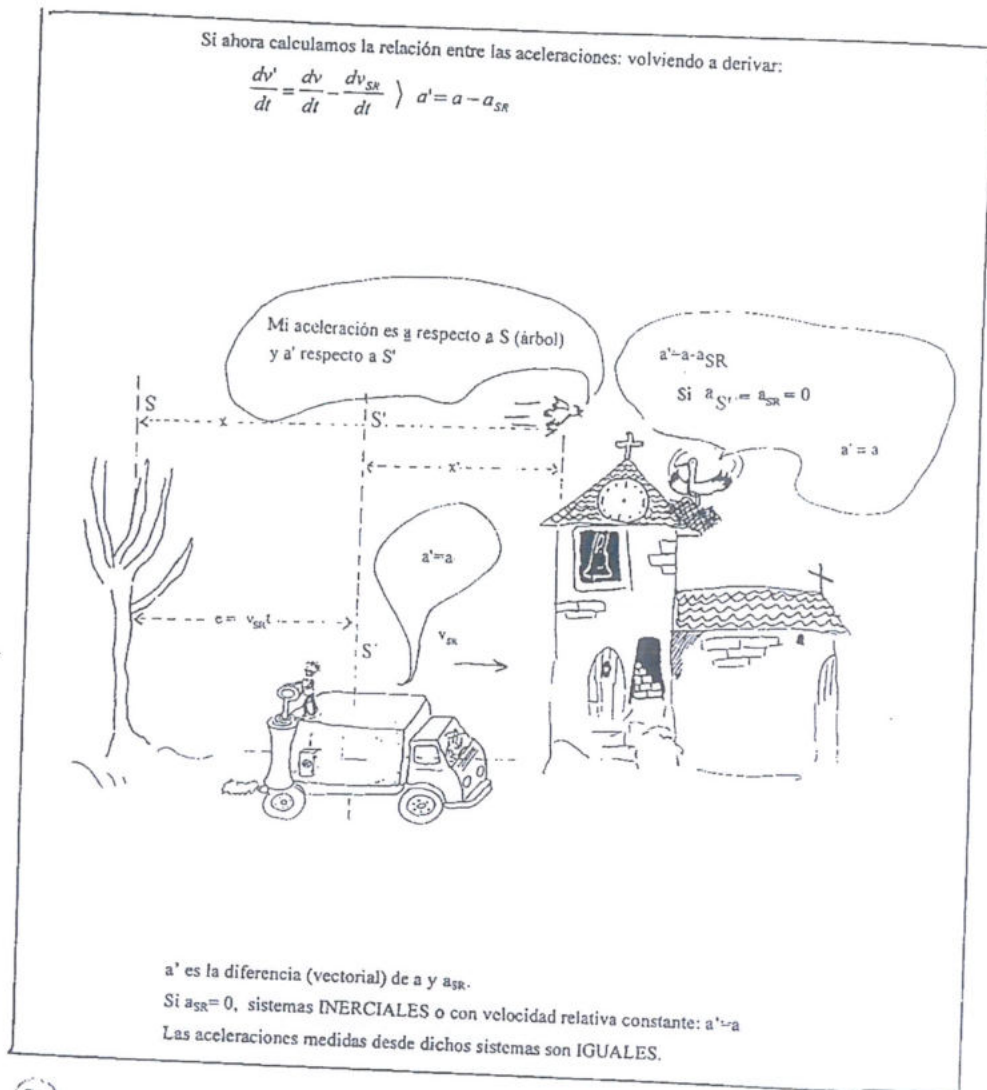


LAS MEDIDAS EN DINAMICA DESDE SISTEMAS INERCIALES

Si ahora calculamos la relación entre las aceleraciones: volviendo a derivar:

$$\frac{dv'}{dt} = \frac{dv}{dt} - \frac{dv_{SR}}{dt} \quad \left. \vphantom{\frac{dv'}{dt}} \right\} a' = a - a_{SR}$$

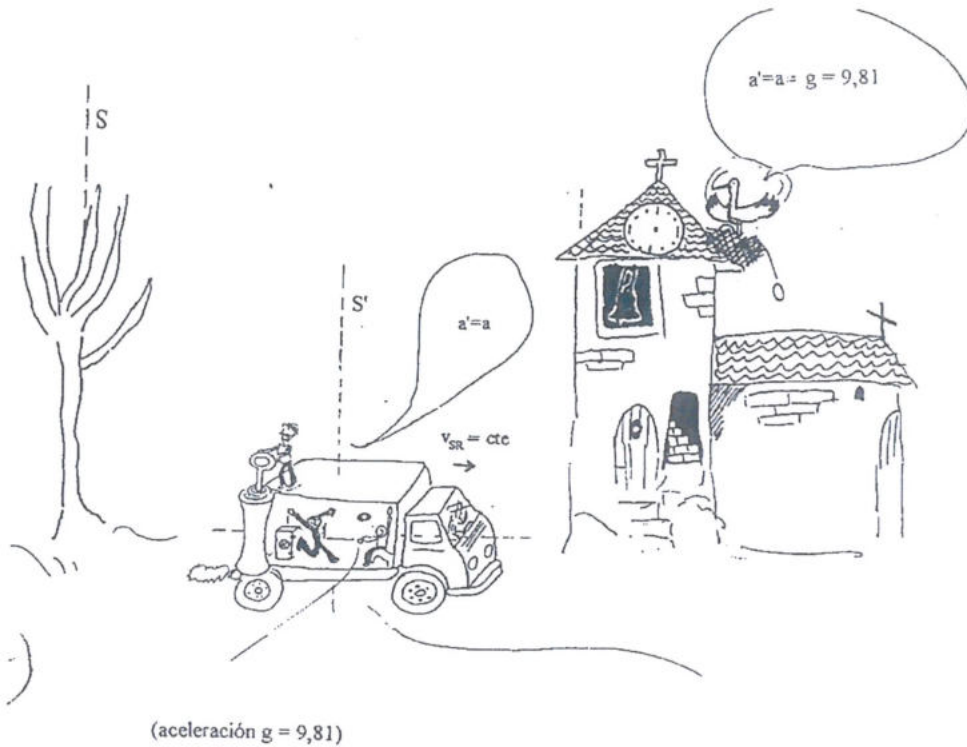
a' es la diferencia (vectorial) de a y a_{SR} .



Si $a_{SR} = 0$, sistemas INERCIALES o con velocidad relativa constante: $a' = a$
 Las aceleraciones medidas desde dichos sistemas son IGUALES.

La aceleración es la medida del efecto de una interacción (Fuerza) (en mecánica: sobre una masa concreta) y el comportamiento que llamamos dinámico (o por intervención de fuerzas) se mide a través de ella.

Así el comportamiento dinámico ES EL MISMO (la aceleración es la misma), MEDIDO DESDE SISTEMAS INERCIALES DIFERENTES.



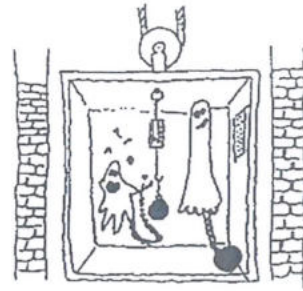
Desde ambos sistemas S y S' se observa un movimiento que se describe aplicando las leyes de la dinámica a las condiciones del caso presente: fuerza gravitatoria (aceleración $g = 9,81$) y velocidad inicial según el sistema: desde S' el objeto se mueve según la aceleración g (vertical) y velocidad horizontal inicial; desde S lo mismo, más la velocidad que en el instante del lanzamiento tenía (v_{SR}): la asignada arbitrariamente a S' respecto a S, independientemente de considerar que se mueve S', o S en sentido contrario.

Un proceso dinámico no nos va a servir para detectar el movimiento uniforme del sistema (se puede jugar al tenis igual en un barco con velocidad constante que en tierra, el movimiento de los objetos golpeados no nos sirve para detectar el movimiento del sistema). Vemos que se mueve respecto a la tierra pero no podemos afirmar que no sea ésta la que camine en sentido contrario.

Las Leyes de la Dinámica en Mecánica (aplicadas a objetos macroscópicos de masa cuantificable) NO DETECTAN el movimiento ABSOLUTO.

SISTEMAS NO INERCIALES

El principio de Relatividad se cumple cuando se considera al objeto ligado el sistema del Universo (o de las estrellas «fijas»).



La diferente medida de la aceleración por sistemas diferentes proporciona también una INTERACCIÓN diferente sobre el objeto cuando se incluye en la que se produce con cada sistema.

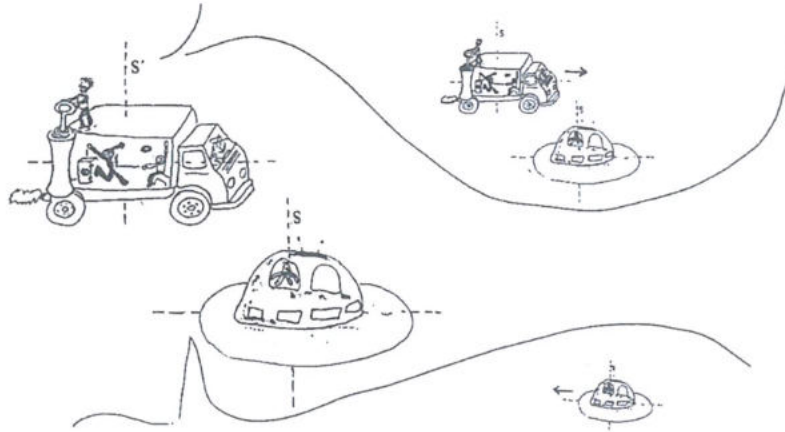
$$\vec{m}a' = \vec{m}a - \vec{m}a_0$$

$$\vec{F}' = \vec{F}_{real} - \vec{F}_i$$

Se acostumbra llamar fuerza de inercia F_i al producto de la masa por la aceleración del sistema interaccionante o de arrastre.

SISTEMAS INERCIALES LAS MEDIDAS SOBRE OBJETOS

La velocidad del objeto es 2 respecto a S' , y respecto a S 10: deduzco que yo estoy parado, y S se aleja con velocidad contraria al objeto de $-10+10=-8$. O bien puedo decir: que S está parado, y como mido una velocidad del objeto de 10 respecto a él y 2 respecto a S' , deduzco que la velocidad de S' es $10-2=8$ respecto a S .



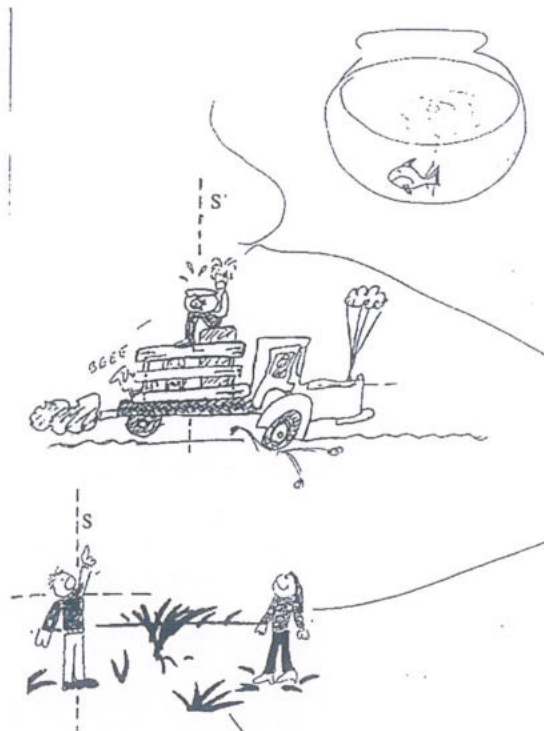
Me muevo con velocidad -10 respecto al objeto, menos su velocidad 2 respecto a S' da -8, mi velocidad respecto a S' . O bien, pienso que estoy parado y la diferencia entre la velocidad del objeto 10 respecto a mí y la que mido respecto a S' me da la velocidad de S' respecto a $S=8$.

LAS MEDIDAS SOBRE FENOMENOS ONDULATORIOS

Las ondas mecánicas no transgreden el P. de relatividad de Galileo. Estas ondas se mueven respecto a SU MEDIO, el cual a su vez como objeto material, incorpora la velocidad del sistema al que está ligado (cero ó v según convengamos).

Si se mide un movimiento relativo al de un fenómeno ondulatorio (mecánico) con velocidad conocida respecto a su medio de propagación: aire, agua..., es algo que podemos hacer y no estamos transgrediendo ninguna ley, ese «medio» es ahora nuestro sistema de referencia material, tan bueno como cualquier otro.

La velocidad respecto a mi sistema S' del medio en el que se transmiten las ondas (agua) es cero. La velocidad de las ondas respecto S es 30; la de las ondas respecto a su medio es 5 deduzco que mi velocidad relativa a S es 25, o que la de S es -25 respecto a mí.



Mido respecto a mi sistema S una velocidad para las ondas de 30; la velocidad relativa de S' respecto a mi sistema $S= 25$ el agua posee velocidad 0 respecto a S' .

Deduzco que: respecto a su medio es 5 la velocidad de las ondas.

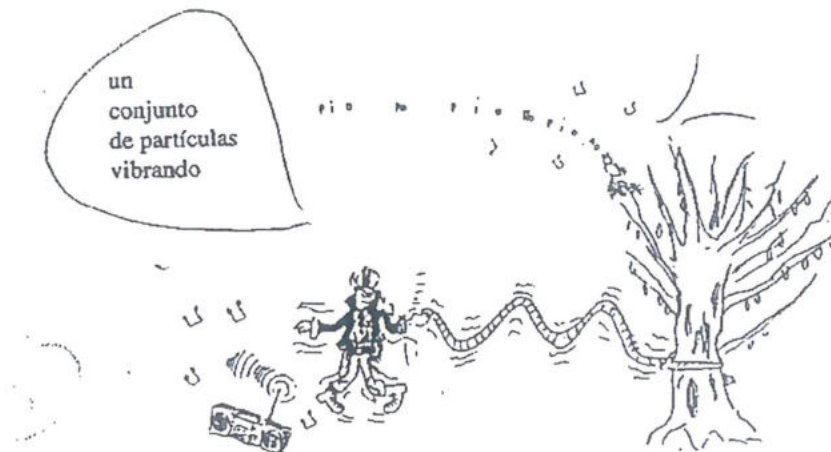
Puedo pensar igualmente que es mi sistema S el que se mueve con velocidad de -25 respecto a S' la velocidad relativa a mí de las ondas 30 la de éstas respecto a su medio deduzco que es de 5.

Pero existen otros fenómenos con parámetros asociados que sí podemos medir: LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS (entre las que se encuentra la luz visible).

Conviene dejar claro en qué consiste una onda mecánica y en qué se diferencia de una electromagnética.

Una onda es... un conjunto de partículas vibrando.

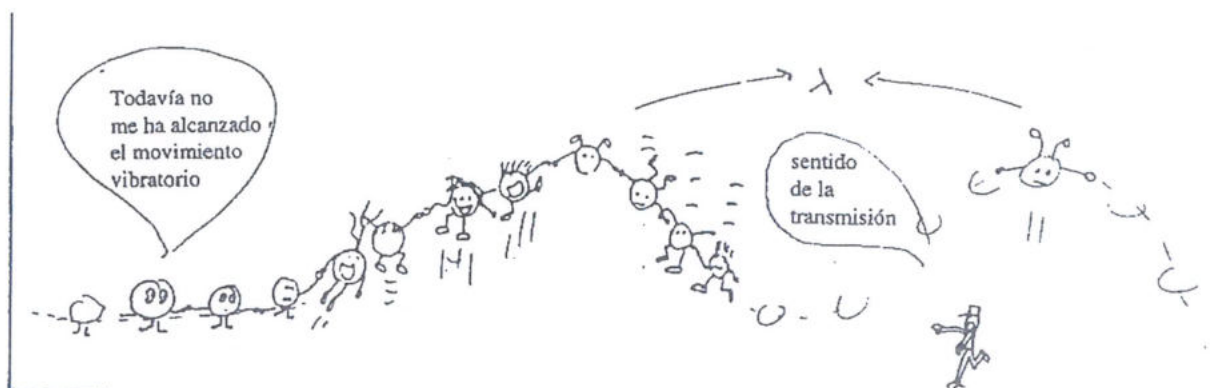
Mi frecuencia ν es de 80 vibraciones en cada segundo. Y el tiempo que dura cada una es $1/80$ seg., ese es el período T . $T = 1/\nu$

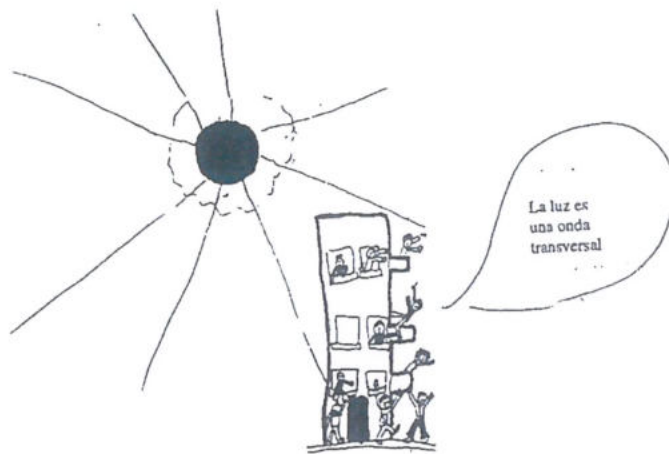
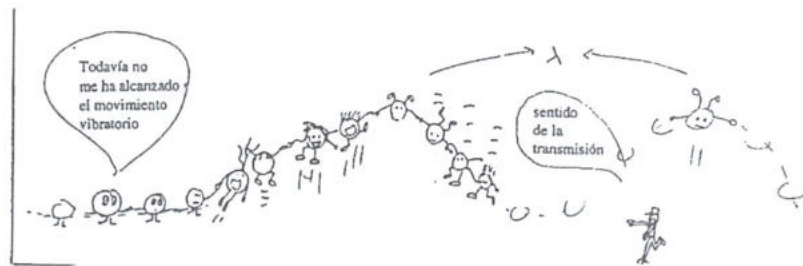


La transmisión de vibraciones por un medio (aire, cuerda...) constituye la onda. Si la dirección de propagación y la de vibración de cada partícula son perpendiculares (cuerda): la onda es TRANSVERSAL.

Las ondas se transmiten por choques, arrastre...

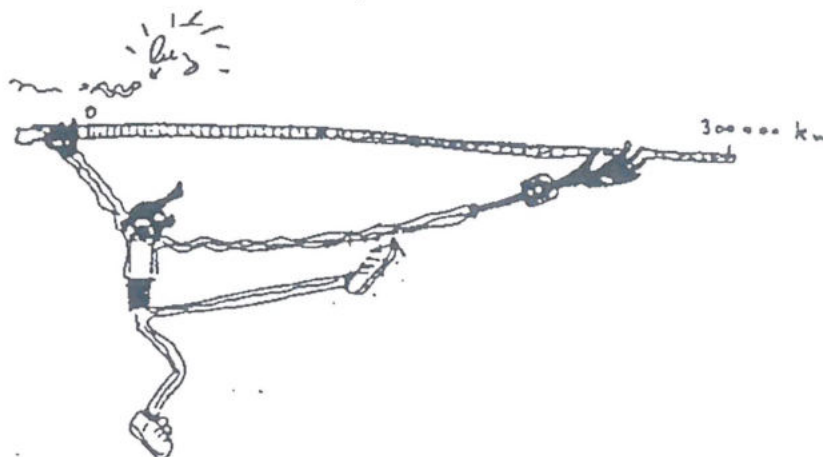
La velocidad es λ/T ya que en lo que una partícula realiza una oscilación en un tiempo T la onda alcanza a la que empezará a vibrar a la vez de ella y está a una distancia (longitud de onda): λ .





LA LUZ

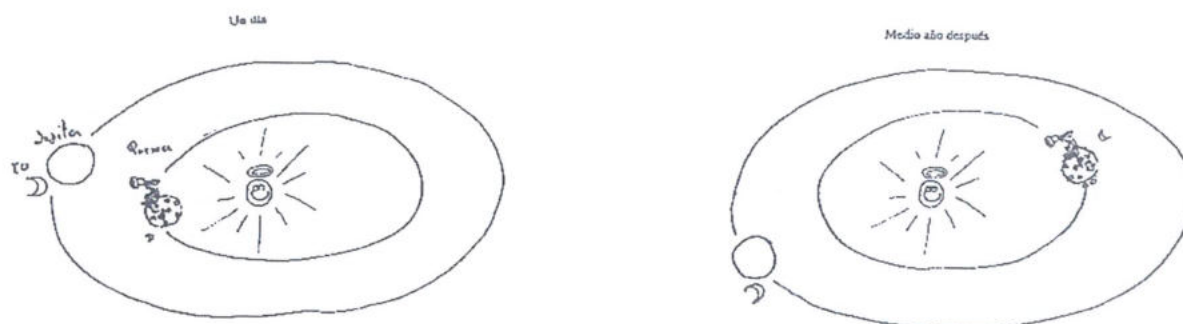
Las ondas mecánicas: son un movimiento vibratorio que SE TRANSMITE por choque, arrastre de UNA PARTÍCULA a OTRA en un MEDIO de esas partículas. Presentan cualidades o comportamientos IGUALES que los fenómenos ELECTROMAGNÉTICOS, tal como los fenómenos llamados refracción, difracción, polarización, etc. Pero estas ONDAS electromagnéticas se transmiten a través del VACÍO entre las estrellas, y a través de ellas podríamos medir el movimiento absoluto de objetos (como la Tierra). Veremos que la naturaleza rechaza los intentos efectuados para ello.



Para un fenómeno ondulatorio en este momento histórico esto es imposible, así que se supone un fluido intangible, indetectable, que llena TODO; se le llama ETER que proporciona el soporte o MEDIO para las ondas electromagnéticas.

La velocidad de estas ondas (la luz) además es conocida. La llamamos c .

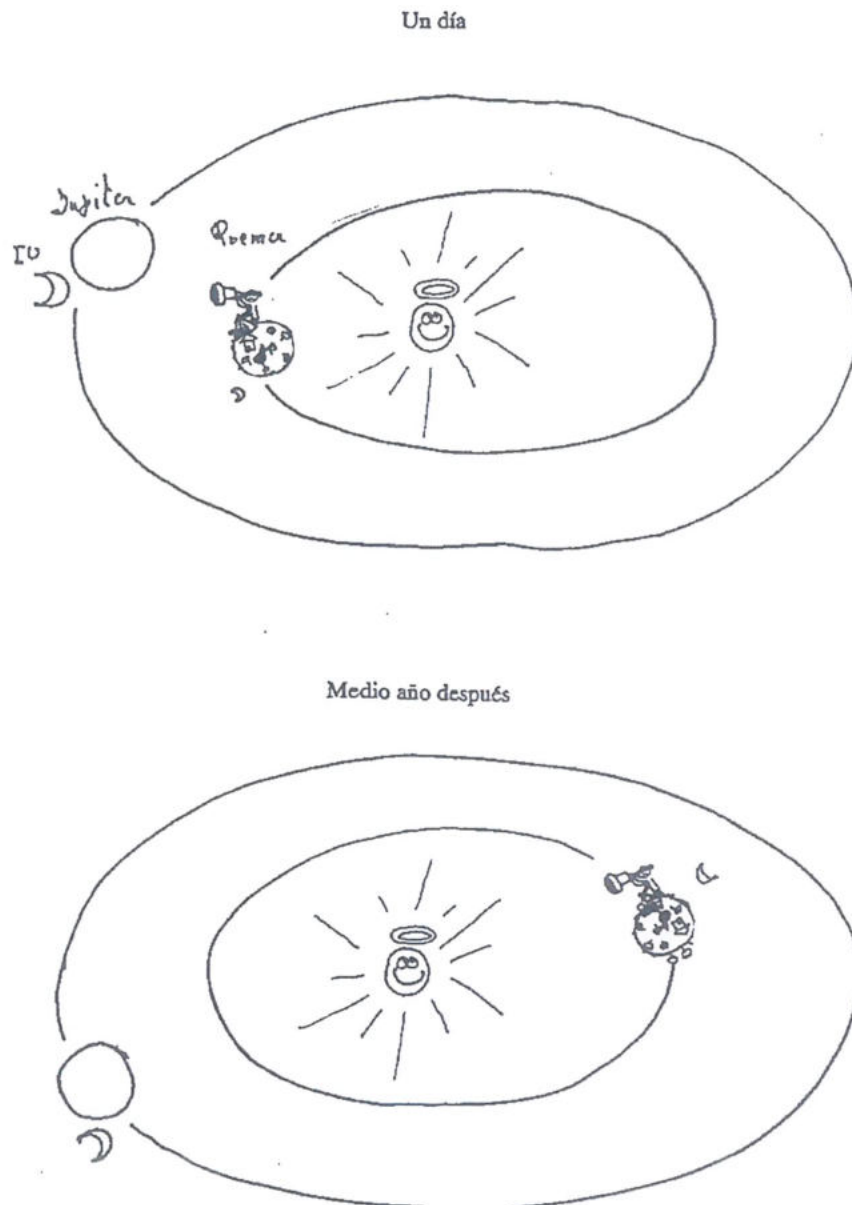
Su medida no es fácil: la luz recorre 300.000 km. en un segundo.



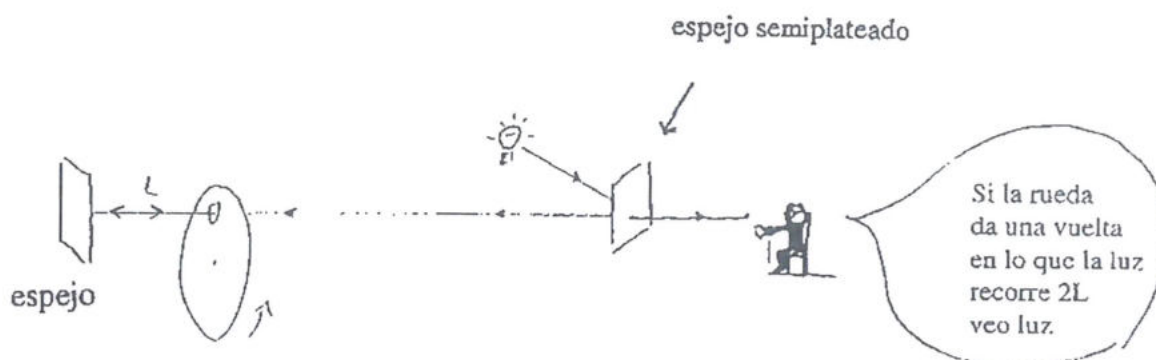
Por un lado, la experiencia de Röemer -en 1675- a través de los eclipses de una luna de Júpiter y previo conocimiento del radio de la órbita terrestre.

Experiencia de Röemer

Júpiter tarda 12 años en dar una vuelta: en medio año sólo avanza un poco. Röemer observó que los eclipses de una luna de Júpiter (Y_0) sufrían un retraso en ese medio año: que es el tiempo que tarda la luz en atravesar la órbita terrestre. Dividió esa longitud entre ese tiempo y obtuvo una velocidad a para la luz de 300.000 km./s.



Por otro lado es medida por Fizeau, con luz que atraviesa los orificios en una rueda dentada que da vueltas a velocidad conocida.



$t =$ tiempo de una vuelta

Si la rueda da una vuelta en lo que la luz recorre $2L$ veo luz.

$$\text{Entonces: } c = \frac{2L}{t}$$

Si la rueda es dentada, el tiempo es el de pasar de un orificio a otro entre cada diente.

Pero el problema es: ¿con respecto a qué se mueve la luz?

Según Newton: la luz está formada por partículas (corpúsculos), entonces se mediría respecto a la fuente emisora (y éste sería el sistema de referencia).

Pero en el punto del relato en el que nos encontramos (siglo XIX, principios del XX), se piensa que la luz es una onda y su movimiento es respecto al medio de transmisión.

Los estudios sobre interferencias, polarización, difracción, efectuados por Young (1801), Fresnel (1818), así como de refracción, reflexión..., por Huygens y la exposición por Maxwell (1861) de su teoría, que considera a la luz como una onda electromagnética más..., así lo confirmaban. Esto implicaría tomar como Sistema de Referencia: el medio en el cual se transmite la onda.

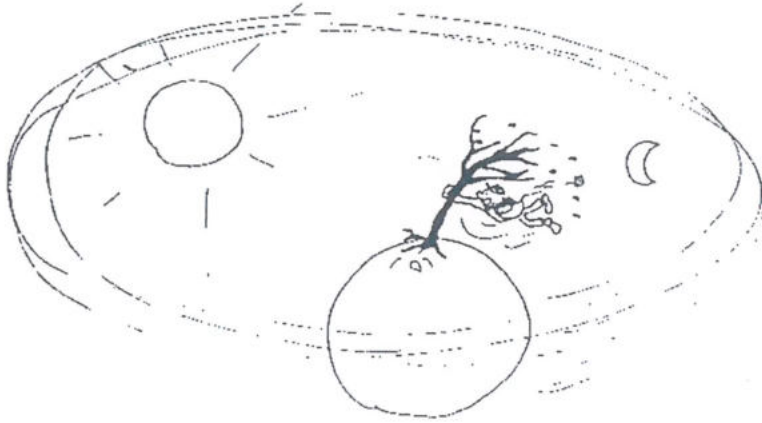
Las ondas necesitan de un medio para propagarse.

Son muchos los científicos (Maxwell, Airy, Fizeau) que piensan que las medidas con ondas electromagnéticas van a darnos la velocidad de algo respecto al medio en que se propagan, el éter, es decir el vacío, es decir la velocidad absoluta.

Comienzan los experimentos para obtener la velocidad absoluta de la Tierra.

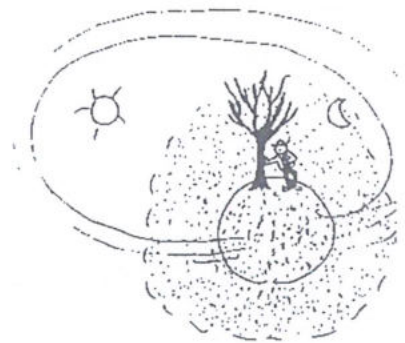
Primero hay que averiguar si el supuesto éter es arrastrado o no por la Tierra.

Empezaron las complicaciones... ¿La Tierra arrastra el éter o éste fluye a través de él?



fluye

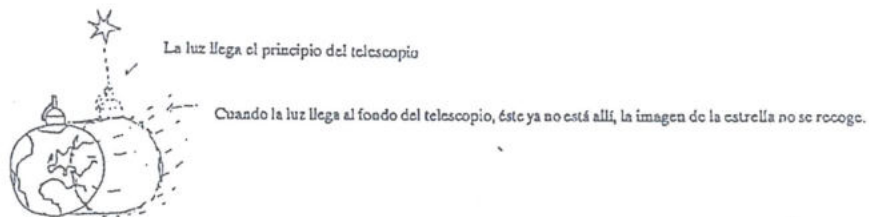
lo arrastra



El fenómeno de la aberración estelar

Consiste en la inclinación adicional que en un lado del diámetro de la órbita terrestre frente al otro debe darse a un telescopio para que la luz llegue a su fondo y se vea la estrella. Si el telescopio no se inclina, como la Tierra se mueve respecto al Sol con velocidad de 30 km/s, no se recogería la luz de la estrella.

El fenómeno llamado Aberración Estelar

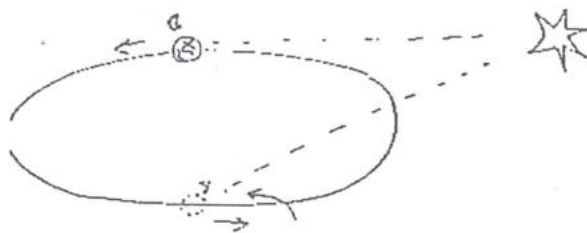


Ahora inclinamos el telescopio



Pero, ¿estamos detectando el movimiento absoluto de la Tierra?

¡No! Lo que se aprecia es la velocidad $2v$ RELATIVA de la Tierra respecto a la que llevaba en el punto de enfrente de su órbita.



El fenómeno es similar al caso de interceptar lo mejor posible a las gotas de lluvia con su paraguas; hay que inclinarlo... un ángulo α tal

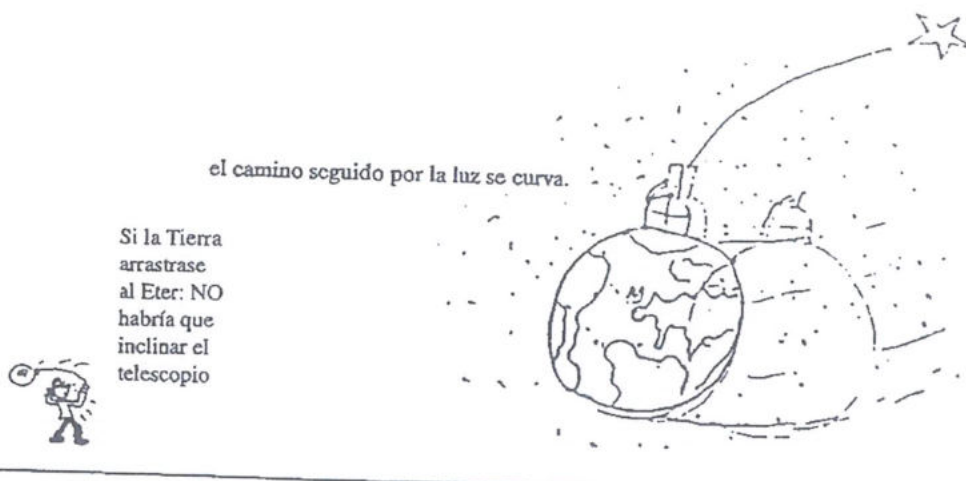
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v}{c}$$



No se interceptan las gotas

El modelo CORPUSCULAR (luz-partícula) de Newton, explicaría el fenómeno de aberración (ej.: caso de la lluvia).

Este hecho muestra que el éter no es arrastrado por la Tierra ya que si viajase con ella a través del tubo del telescopio no haría falta darle una inclinación adicional.



Si la Tierra arrastrase al éter y a la luz con él, no es necesario inclinar el telescopio; el camino seguido por la luz se curva.

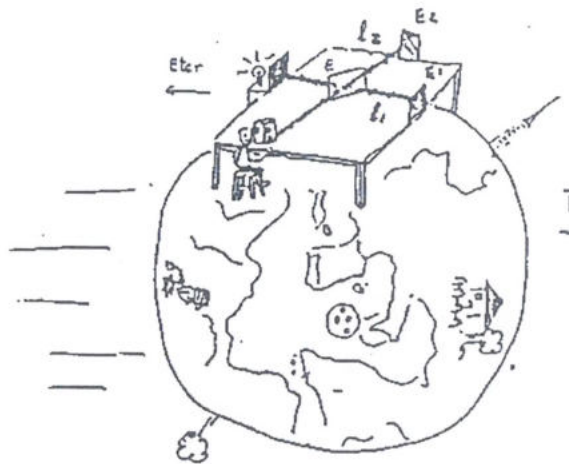
Experimento de Michelson y Morley

Partiendo de este planteamiento hay varias experiencias, la de Michelson y Morley: consiste en medir los tiempos de llegada a 2 rayos que parten a la vez y se dividen con un espejo semiplatado obligándolos a seguir caminos uno en la dirección del movimiento de la Tierra y otro perpendicular a ese movimiento.

Si se hace una composición clásica de velocidades para los 2 rayos luminosos, uno se ve afectado de forma lineal por la velocidad de la Tierra una vez a favor y otra en contra, y el otro se ve afectado de forma perpendicular, por lo que los tiempos de llegada deben ser diferentes.

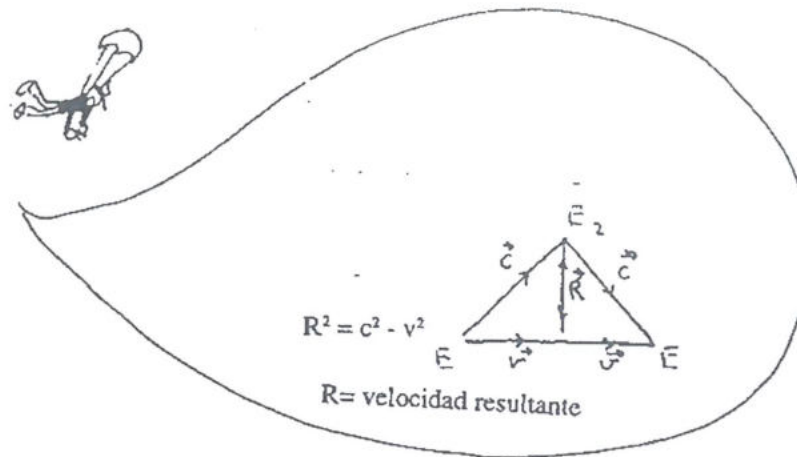
El espejo semiplatado del centro E divide al rayo inicial en dos: uno (el que atraviesa) recorre el camino l_1 hasta el espejo E_1 (en dirección del movimiento de la Tierra). Sus velocidades en la ida y en la vuelta serían: $c-v$ y $c+v$

$$\text{El tiempo empleado: } t_1 = \frac{l_1}{c-v} + \frac{l_1}{c+v} = \frac{2l_1c}{c^2-v^2}$$



El otro rayo (el reflejado en E), iría al espejo E_2 en un tiempo $t_2/2$ empleando otro $t_2/2$ en el regreso tiempo total = t_2

$$R^2 = c^2 - v^2 \quad R = \text{velocidad resultante}$$

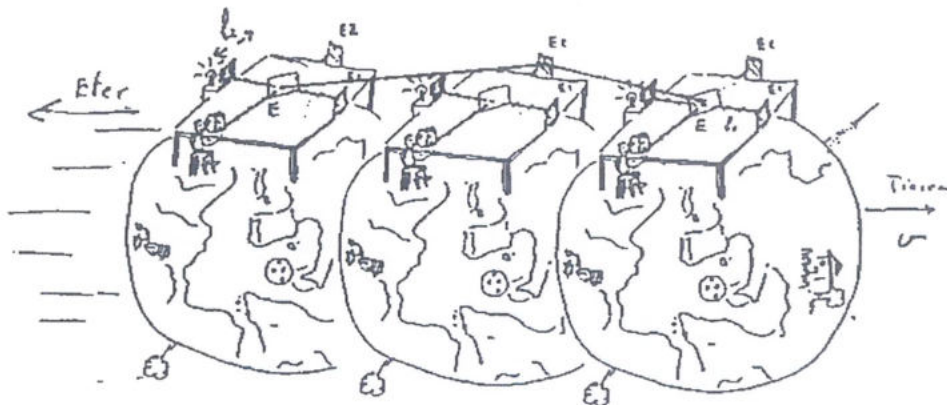


$2l_2$ espacio recorrido en la ida y en la vuelta con la velocidad R

$$t_2 = \frac{2l_2}{(c^2 - v^2)^{1/2}} = \frac{2l_2 / c}{\left(1 - v^2/c^2\right)^{1/2}}$$

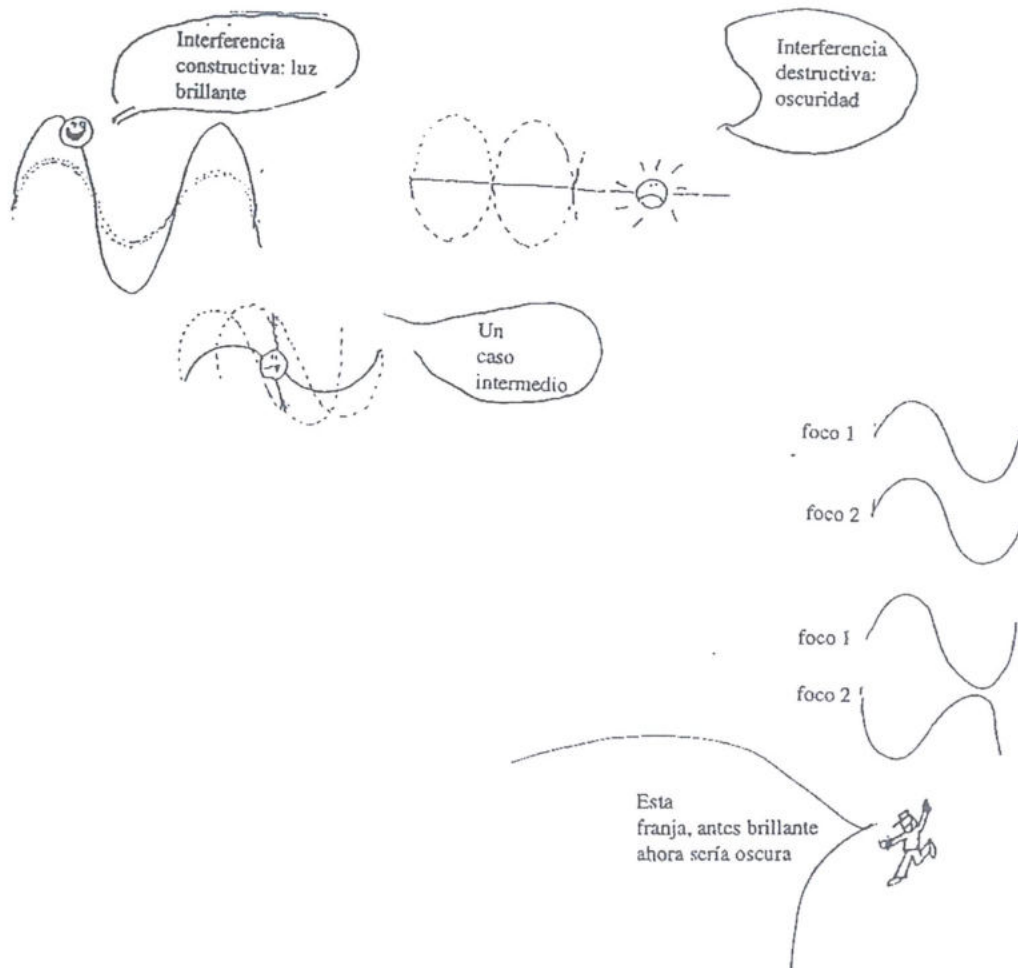
$$\Delta = t_1 - t_2 \approx \frac{2l_1}{c} \cdot \left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right) - \frac{2l_2}{c} \cdot \left(1 + \frac{v^2}{2c^2}\right)$$

Esto da una diferencia de tiempos $\Delta = t_1 - t_2 = \frac{2(l_1 - l_2)}{c} + \frac{2l_1 v^2}{c^3} - \frac{l_2 v^2}{c^3}$



El observador recoge la interferencia de los 2 rayos procedentes de E_1 y E_2 después de volverse a encontrar en el espejo semiplataado E.

Si se tiene una figura de interferencia de los 2 rayos sin desviar cuando uno se retrasa, la figura debe modificarse y las franjas que implican interferencia en fase o luz brillante deben avanzar y lo mismo las de destrucción. Las franjas claras y oscuras deben desplazarse.



Para evitar los errores causados por la diferente longitud en los caminos o brazos del aparato, se gira, y la diferencia de las diferencias de tiempos es lo que se mide.

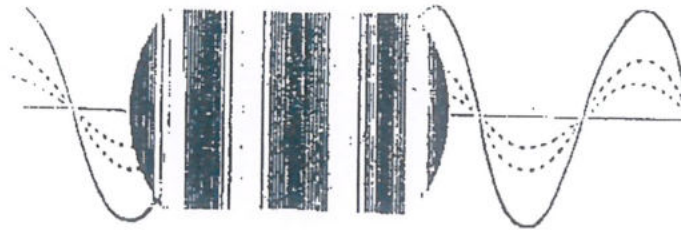
La figura de la interferencia de los dos rayos se recoge en un telescopio a su llegada.

Al ir retrasando la llegada del rayo 2 sucede... Una franja, antes brillante ahora sería oscura.

Al girar: los tiempos de llegada se van intercambiando, lo que debería producir un corrimiento en las franjas de interferencia = S.

$$S = \frac{(\Delta - \Delta') \cdot c}{\lambda} = \frac{(l_1 + l_2) \cdot v^2}{c^2 \lambda}$$

para $l_1, l_2 = 1,2 \text{ m}$ lo que da teóricamente
 $v = 30 \text{ km/s}$ $S = 0,04$ franjas
 $\lambda = 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ de desplazamiento



RESULTADO DE LA EXPERIENCIA

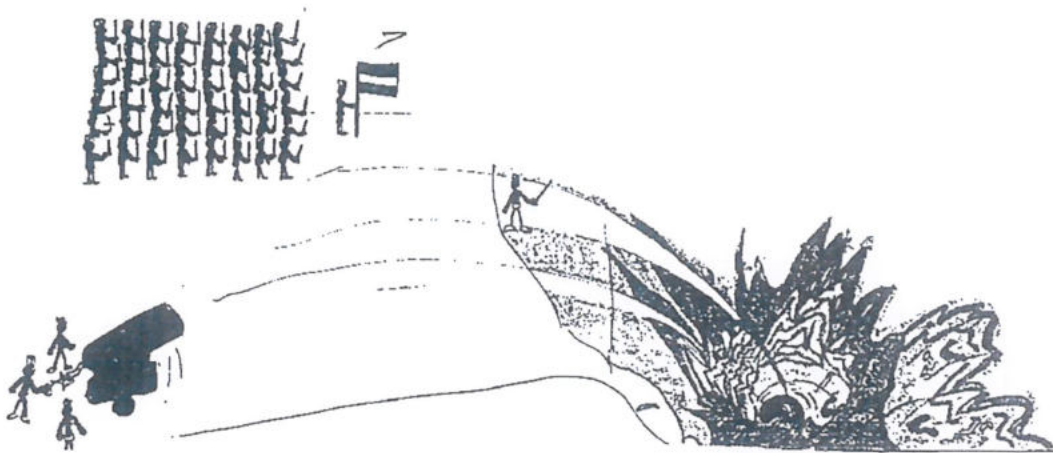
No se obtiene ningún desplazamiento en la figura de franjas de interferencia. La velocidad de la luz no parece afectada por la de la Tierra y en definitiva no se puede medir su velocidad absoluta.

Los dos rayos llegaban a la vez...

¿Cómo podía explicarse?

Que la Tierra arrastrase al éter. Pero estaba descartado por el fenómeno de la aberración estelar.

Que la luz en vez de onda sea PARTÍCULAS (Teoría corpuscular de Newton). Este modelo también es acorde con la aberración.



Sin embargo... Einstein considera a la luz (en su transmisión) como un fenómeno ONDULATORIO, es decir, que su velocidad no depende de la fuente.

En cuanto a la transmisión de estas ondas en el vacío, va a explicarla al considerar la energía asociada al movimiento vibratorio, como una energía similar a la de un bloque (fotón, corpúsculo) material.



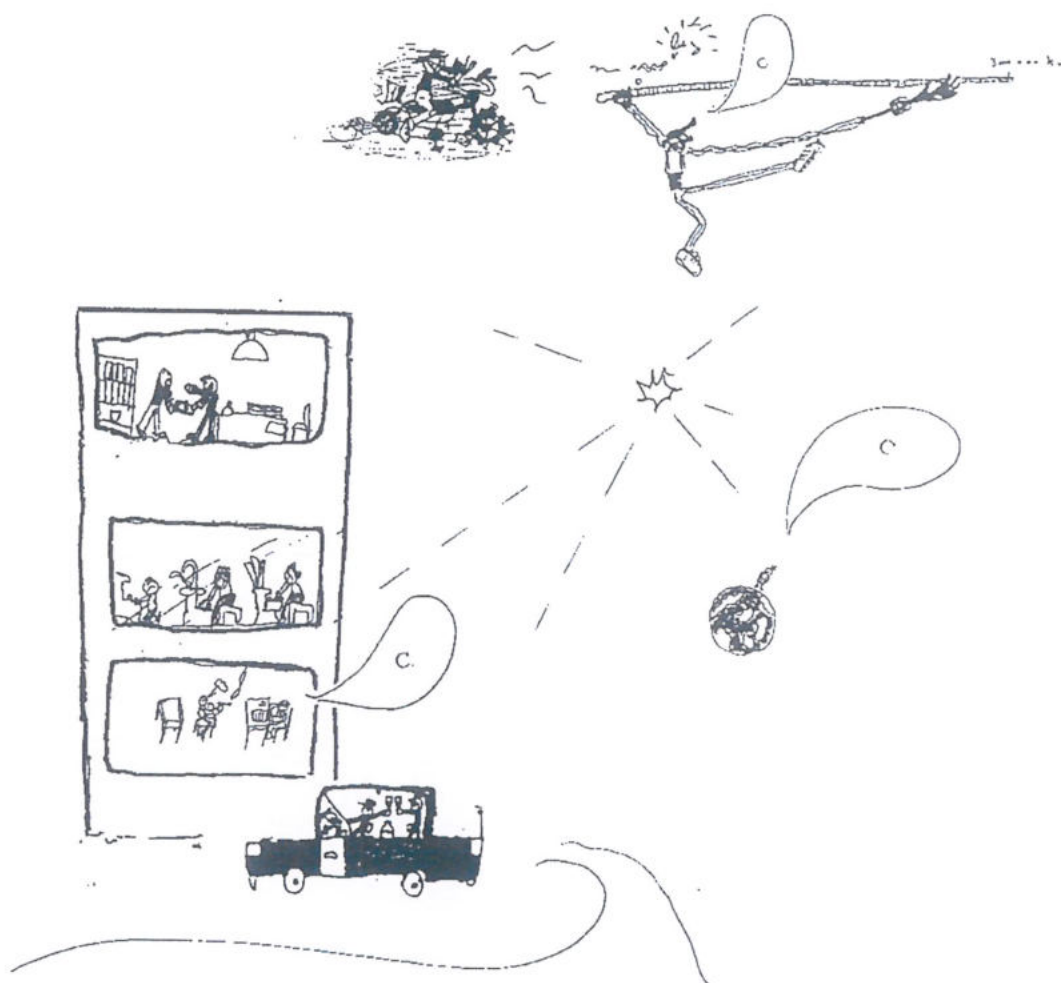
Einstein propone un modelo totalmente distinto en nuestras ideas sobre el espacio y el tiempo. Es la Teoría de la RELATIVIDAD ESPECIAL y GENERAL. De acuerdo con De Broglie y Plank, que exponen el MODELO que confiere DOBLE NATURALEZA para la LUZ.

Einstein propone dos postulados que además de no contradecir las experiencias descritas atienden lo que a él le parece un principio fundamental: el de que los sistemas inerciales son equivalentes o indistinguibles.

POSTULADOS DE LA RELATIVIDAD:

1º El movimiento es relativo. Sólo nos movemos respecto a “algo” elegido arbitrariamente. Es el Principio de la Relatividad de Galileo.

2º La velocidad de la luz es independiente de la velocidad de la fuente emisora (propiedad característica de fenómenos ondulatorios).



La combinación de ambos postulados...

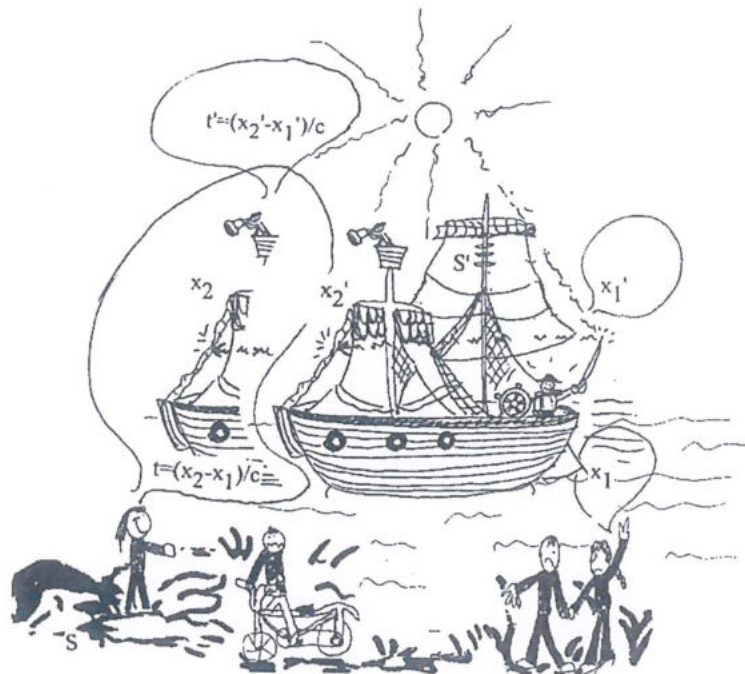
Siempre podemos pensar que es nuestro sistema el que está en reposo..., la medida de la velocidad de la luz C siempre se medirá desde un sistema “en reposo”, por lo que su valor siempre será el mismo: $C = \text{constante}$, respecto cualquier sistema de referencia.

El tiempo empleado por la luz para ir de un punto a otro = a su separación relativa dividido por C , en cada sistema.

Tenemos que aceptar que si un rayo de luz se emite junto a nosotros al tiempo que nos desplazamos con una velocidad igual a la de la luz y en su dirección, por ejemplo, ese rayo se va a ALEJAR de nosotros a su velocidad habitual C de 300.000 kms/s (no lo veríamos parado respecto a nosotros como sería lógico pensar según nuestra forma de percibir el comportamiento de las cosas en este momento).

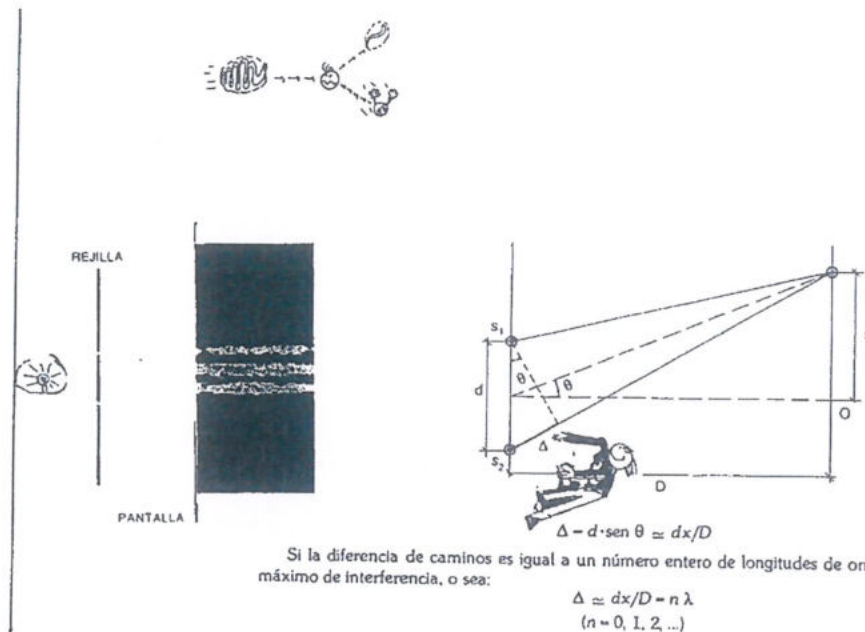
Es un comportamiento que se puede describir como “campo de materia” con extensión en el espacio y en tiempo según una ecuación que llamamos de onda: que en cada lugar e instante indica la probabilidad de encontrar dicha masa o energía.

Cada fotón da muestras de un claro comportamiento ondulatorio (que se describe en función de la zona de probabilidad en donde parece ponerse de manifiesto más fácilmente) lo que además se constata por el hecho de que el paso de un solo fotón (luz muy débil) se realiza como si la onda asociada a él o el propio fotón pasa por las 2 rendijas ya que produce claro fenómeno de interferencia en la pantalla.



Analizamos la elección de Einstein en relación al 2º Postulado

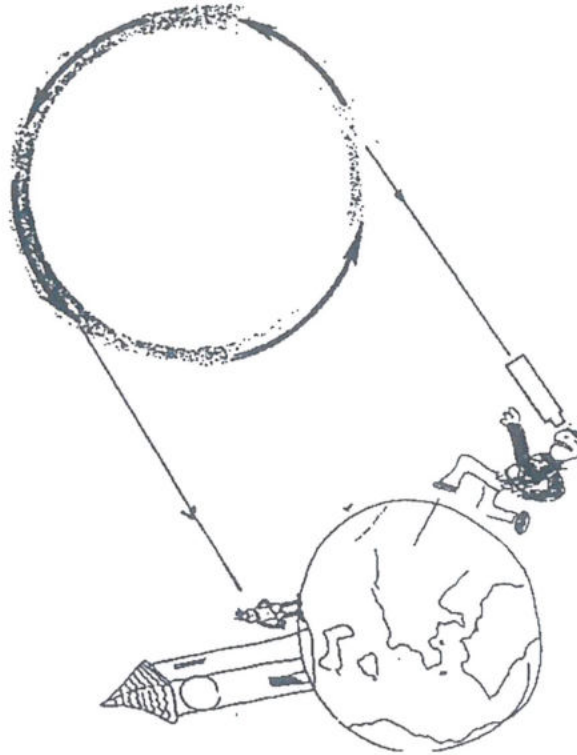
En él está considerando a la luz como fenómeno ondulatorio en cuanto a su emisión y otros como las interferencias. No hay contradicción con la naturaleza corpuscular que también le confiere la física cuántica, naturaleza que surge en la interacción de la luz con otras cosas con las que choca, como una partícula en su viaje hasta ellas, con independencia de la velocidad del medio.



A primera vista parecería que algunas experiencias sirvieron de apoyo al punto de vista de Einstein. Por ejemplo: la falta de distorsión en las órbitas de estrellas dobles que se observaría si la luz variase la velocidad al ser emitida por la estrella que va frente a la que viene. Pero este fenómeno NO es concluyente debido al llamado “Efecto de extinción” (absorción y emisión que sufre la luz al pasar medios transparentes, en este caso gases); este efecto borraría la variación de velocidad si es que la hubo.



Otro, el observado por astrónomos: de la NO variación de la velocidad de la luz al ser emitida por extremos opuestos del disco solar y eso que éste está girando.



En la actualidad la independencia de la velocidad de la luz de la de la fuente está minuciosamente medida. Por ejemplo: emisión de luz por mesones π en movimiento (obtenidos en los potentes aceleradores de partículas actuales).

O, por ejemplo, la experiencia de Babcock y Bergman basada en reflexiones de rayos láser en espejos en movimiento de rotación (parecida en su estructura a la Michelson).

También: la disminución de velocidad de la luz en medios como el agua: en contra de la hipótesis corpuscular para explicar la refracción. Etc.

También le avalan experiencias como las de interferencia, difracción, polarización, etc., de la luz, típicas de fenómenos ondulatorios.

APLICAMOS AHORA LOS POSTULADOS RELATIVISTAS A LA MEDIDA DE MAGNITUDES

Podemos empezar midiendo desplazamientos en el eje x respecto a sistemas diferentes.

La velocidad v por el tiempo es el espacio $x-x'$.

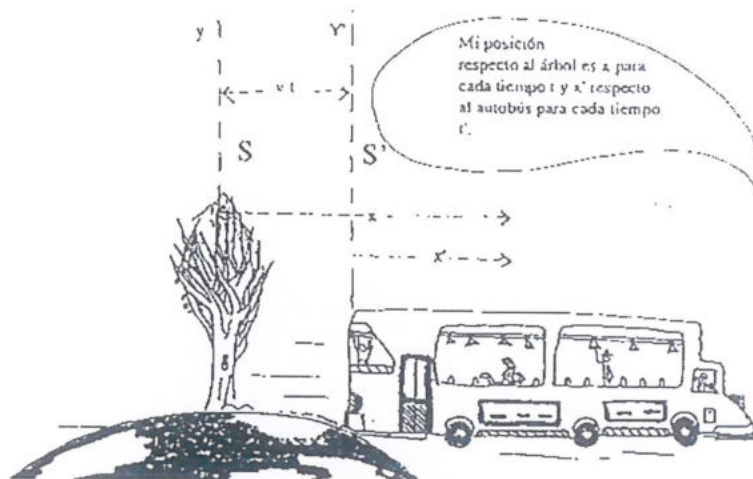
$$x' = x - v \cdot t$$

$$y' = y \quad z' = z$$

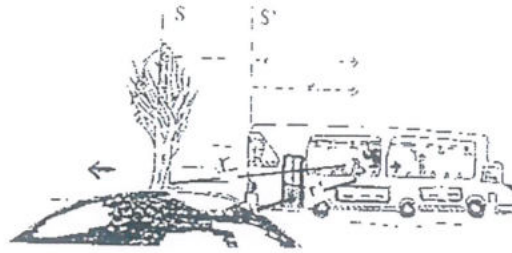
$$t' = t$$

Transformación de Galileo

Se basa en que el viajero se ve AFECTADO por la velocidad del SISTEMA y sus velocidades v respecto al árbol y v' respecto al autobús son distintas.



Pero, ¿qué sucede si el viajero es la LUZ y le aplicamos los POSTULADOS RELATIVISTAS; es decir, que su velocidad c es la misma en los dos sistemas?

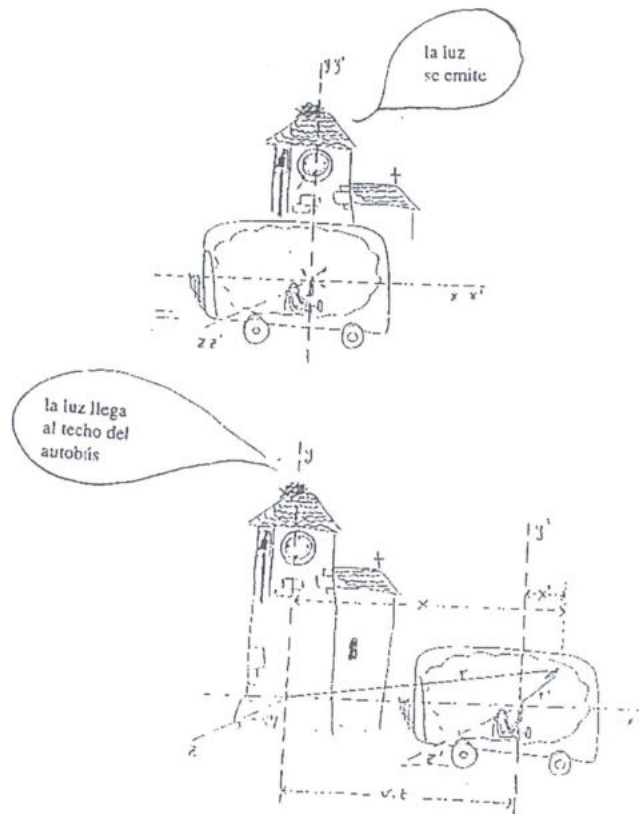


En la Física clásica no habría ninguna contradicción porque también para el espectador de fuera la velocidad del objeto sería mayor (incorporando a la suya medida desde el sistema primero o móvil), la del propio sistema, sin perder de vista que esta asignación es arbitraria y podemos imaginar que es el segundo el que se mueve en sentido contrario.

$$r' = v_0 t' \quad y \quad r = (v_0 + v) \cdot t$$

Entonces, al sustituir en $r'^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2$ medidos en S' los valores de la T. de Galileo daría la correspondiente relación en S $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$.

Pero los Postulados Relativistas nos impiden asignar a la luz una velocidad distinta medida desde un sistema u otro, ya se ha justificado que ello iría contra el principio de inercia y nos permitiría detectar el movimiento absoluto lo que parece contrario a las leyes de la naturaleza, por lo que la luz *no incorpora, según el primer postulado, la velocidad del sistema que arrastra su fuente, y tampoco se porta como si se traslada respecto a un "medio" que incorpore la velocidad del sistema como las ondas mecánicas*, con lo que en los dos sistemas su velocidad es c .



Aplicando la Transformación de Galileo:

$$\text{a la 1ª: } (ct')^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2$$

$$(ct)^2 = (x - vt)^2 + y^2 + z^2$$

$$\text{en donde } t' = t \quad x' = x - vt, \text{ etc.}$$

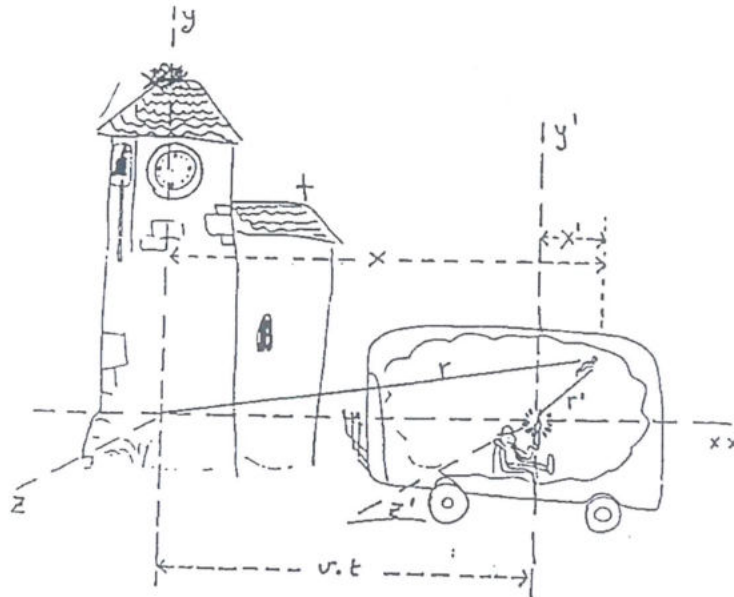
evidentemente NO SON IGUALES; r'^2 no queda igual a $x^2 + y^2 + z^2$

Así las cosas, la luz se ve obligada a recorrer 2 caminos diferentes con la misma velocidad: no queda más remedio que admitir que los tiempos EMPLEADOS DEBEN SER DIFERENTES:

$$r' = ct'$$

$$r = ct$$

La comparación de los tiempos transcurridos en los relojes de cada sistema debe ser distinta.



Proponemos una TRANSFORMACIÓN:

$$x' = \alpha(x - vt)$$

$$t' = w(t - kx)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

y calculamos los valores de α y w que hagan realidad la igualdad tal que al sustituir en la ecuación de la distancia r en función de x' y' z' t' en un sistema S' los valores de la transformación nos dé la ecuación de la distancia r en S . Es la transformación de LORENTZ.

En la ecuación de r' distancia recorrida en el sistema S' , $r' = ct'$

$$(ct')^2 = (x')^2 + (y')^2 + (z')^2 \quad \text{sustituimos}$$

$$t^2, x' \dots \text{obteniendo: } c^2 w^2 (t - kx)^2 = \alpha^2 (x - vt)^2 + y^2 + z^2$$

Desarrollada: $(c^2w^2 - \alpha^2v^2)t^2 = (\alpha^2 - c^2w^2k^2)x^2 + y^2 + z^2 + (2tkc^2w^2 - 2\alpha^2vt)x$

que debe ser igual a la ecuación de la distancia r en S , $r = ct: c^2t^2 = x^2 + y^2 + z^2$

$$c^2w^2 - \alpha^2v^2 = c^2$$

$$\alpha^2 - c^2w^2k^2 = 1$$

$$2tkc^2w^2 - 2\alpha^2vt = 0$$

Resolviendo el sistema:



$$\alpha = w = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad y \quad k = \frac{v}{c^2}$$

Sustituyendo estos valores, obtenemos la forma definitiva.

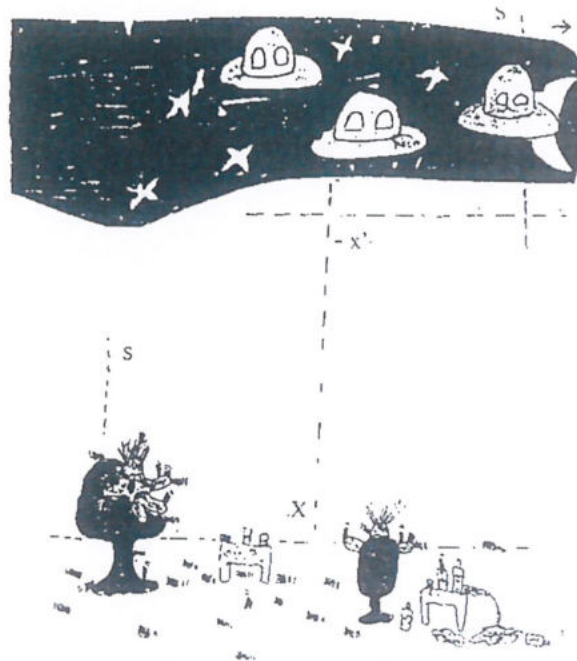
TRANSFORMACIÓN DE LORENTZ-EINSTEIN

$$x' = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} (x - vt)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \left(t - v \cdot \frac{x}{c^2} \right)$$



Por el primer Postulado podemos establecer que el sistema que se mueve es el otro, con velocidad $-v$, dándose la simetría:

$$x = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}(x'+vt')$$

$$t = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}\left(t'-v \cdot \frac{x}{c^2}\right)$$



Cuando la velocidad es mucho más pequeña que la de la luz c (casos de la vida cotidiana):

$$1 - v^2/c^2 = 1; \quad \sqrt{1 - v^2/c^2} \approx 1 \quad y \quad v/c^2 = 0$$

y la Transformación de LORENTZ se convierte en la Transformación GALILEANA.



INTERVALOS

Restando miembro a miembro para dos sucesos diferentes, la relación entre intervalos de tiempo medidos en cada sistema será:

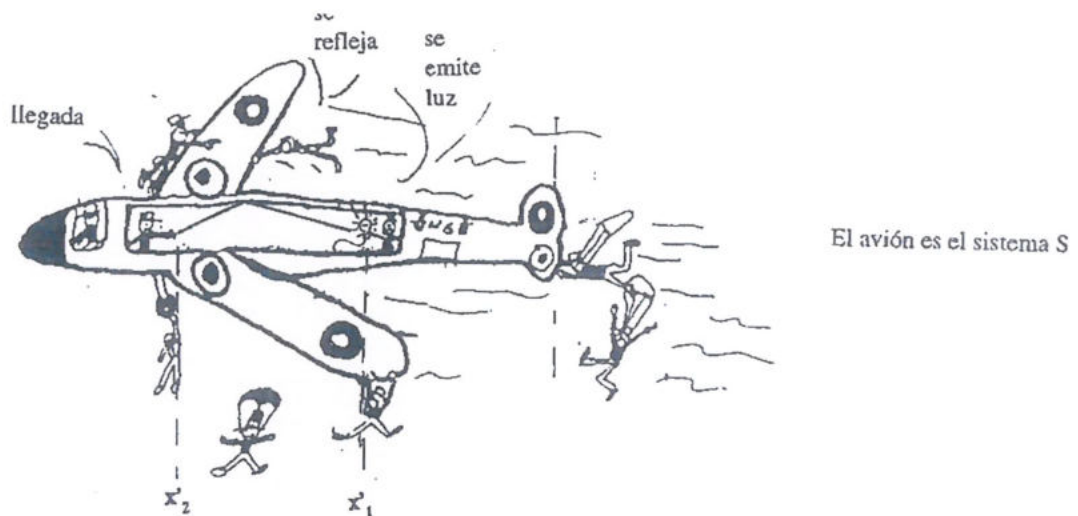
$$(t'_2 - t'_1) = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \left[(t_2 - t_1) - v \left(x_2 - x_1 / c^2 \right) \right]$$

La relación entre intervalos espacial en uno y otro sistema entre los dos sistemas será:

$$(x'_2 - x'_1) = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \left[(x_2 - x_1) - v(t_2 - t_1) \right]$$

El suceso 1 emisión del rayo se produce en el instante t'_1 medido en S' , el suceso 2 llegada en un instante t'_2 en S' . Al intervalo de tiempo $t'_2 - t'_1$ medidos en un único RELOJ se le llama: TIEMPO PROPIO.

El intervalo espacial entre los dos sucesos es $x'_2 - x'_1$ medido en S' .



Aquí está el SISTEMA DE REFERENCIA S (TIERRA).

Actividad (según propuesta de A.P. Frenech)

Dos sucesos observados desde un sistema S tienen lugar, el primero en $x_1 = 10 \text{ m}$ y $t_1 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ s}$. ($y_1 = 0, z_1 = 0$), el segundo en $x_2 = 50 \text{ m}$ para un tiempo $t_2 = 3 \cdot 10^{-7} \text{ s}$. ($y_2 = z_2 = 0$).

Otro sistema S' con velocidad relativa a S $v = 0,6c$, ¿qué distancia apreciará entre los dos sucesos? ¿Qué intervalo de tiempo medirá entre uno y otro?

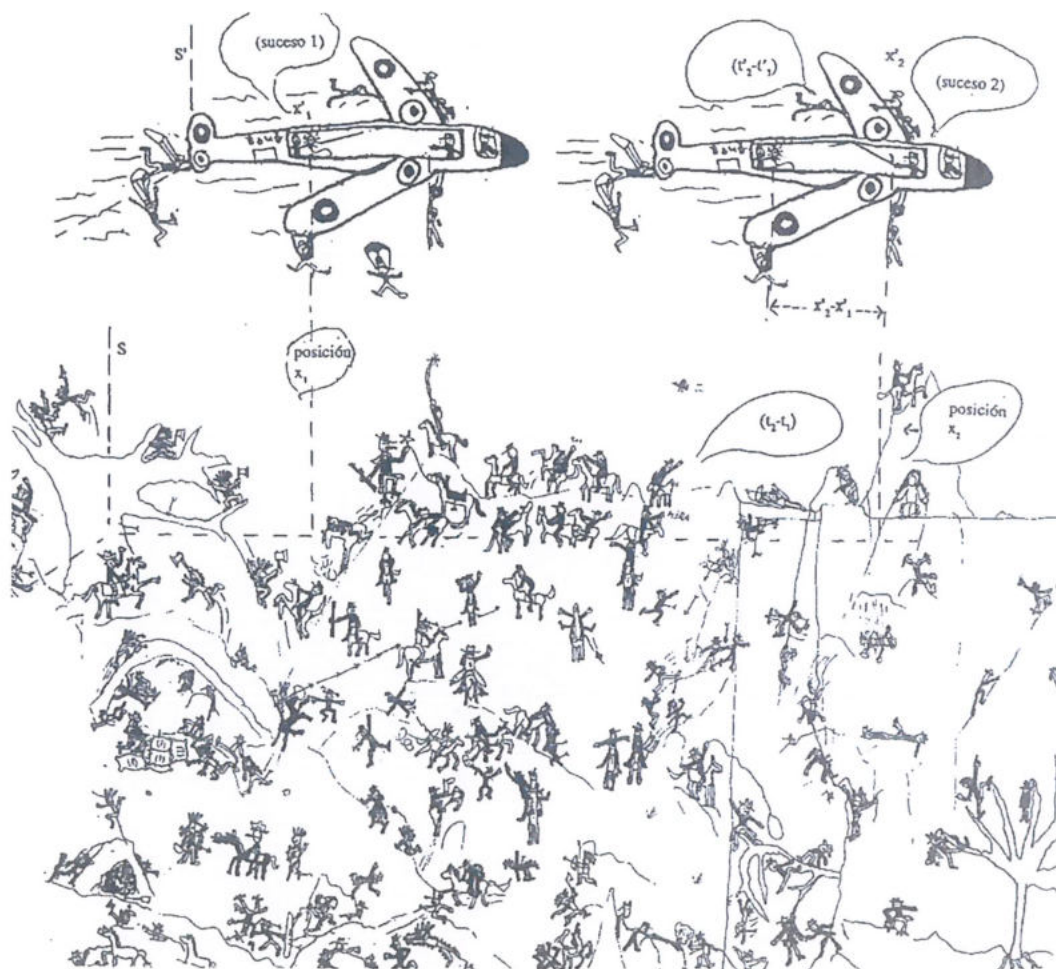
(Para tiempo cero los orígenes de los 2 sistemas coinciden).

$$t_2 - t_1 = 10 \cdot 10^{-8}$$

$$x_2 - x_1 = 50 - 10 = 40 \text{ m}$$

$$\frac{v}{c} = \frac{3}{5}$$

$$x'_2 - x'_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} [(x_2 - x_1) - v(t_2 - t_1)]$$



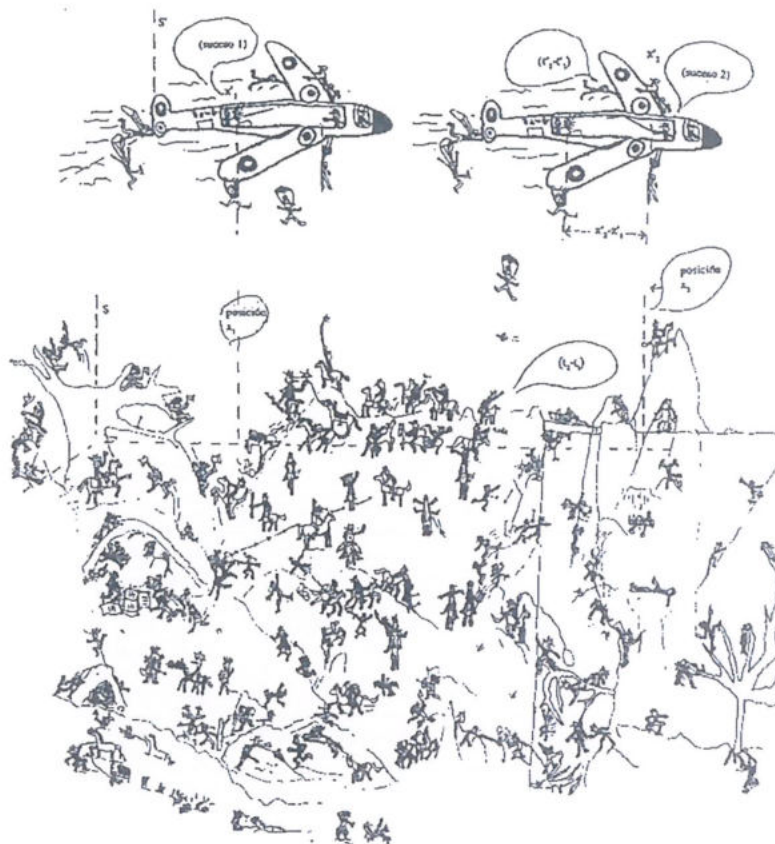
Respuesta - actividad

$$t_2 - t_1 = 10 \cdot 10^{-8}$$

$$x_2 - x_1 = 50 - 10 = 40m$$

$$\frac{v}{c} = \frac{3}{5}; \quad \Delta x' = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} [(x_2 - x_1) - v(t_2 - t_1)]$$

$\Delta x' = x'_2 - x'_1 = 27,5m$. Esta es la distancia que según S' separa ambos sucesos.



$$t'_2 - t'_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \left[(t_2 - t_1) - \frac{v}{c^2} (x_2 - x_1) \right]; \quad t'_2 - t'_1 = \frac{5}{4} \left[10 \cdot 10^{-8} - \frac{3}{5} \frac{40}{3 \cdot 10^8} \right]$$

$$t'_2 - t'_1 = 2,5 \cdot 10^{-8} s$$

En S' el tiempo que transcurre entre los 2 sucesos es menor que en S .

Analizamos este resultado:

Una vez hemos fijado que los sucesos (en S) en el tiempo se suceden en la dirección positiva del eje de las x y que esa es la velocidad de S' relativa a S, aunque se puede considerar que es la de S (-v) relativa a S'.

Podemos usar las relaciones:

$$\Delta t' = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \left(\Delta t - \frac{v}{c^2} \Delta x \right) \quad \text{o bien} \quad \Delta t = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \left(\Delta t' + \frac{v}{c^2} \Delta x' \right)$$

No existe contradicción con nuestro concepto de tiempo propio y de que éste es menor que lo que llamamos tiempo impropio.

Para nuestro problema:

Si $|x|$ fuese = 0 (en vez de valer 40 m), es decir, los 2 sucesos se produjesen en el mismo lugar de S.

Δt : sería un tiempo propio.

$$\Delta t' = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \Delta t \quad (\Delta t = t \text{ impropio})$$

y con $v_2/c_2 < 1$ $\Delta t' > \Delta t$



Pero en este caso $\Delta x > 0$

La medida del tiempo en Relatividad va a ser DEPENDIENTE DE LAS COORDENADAS.

Ahora

$$\Delta t' = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \Delta t - \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \cdot \frac{v \Delta x}{c^2}$$

a

como $\Delta \tau$ viene fijado por las condiciones e Δx es positivo, $\Delta t' =$ antes -a, y puede darse que $\Delta t' < \Delta t$.

$\Delta t'$ ahora ha de ser menor que en el caso anterior ($\Delta x = 0$). Los tiempos en S' van variando con las coordenadas x de los sucesos.

Si el dato hubiese sido el intervalo de tiempo observado en S' para los 2 sucesos, es decir

$$t'_2 - t'_1 = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ s y el mismo movimiento relativo.}$$

Volvemos a analizar la situación y comprobar que no se producen contradicciones.

Supongamos que los 2 sucesos tienen lugar en el mismo lugar de S' $\Delta x' = 0$

$$\Delta t = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \Delta t' + 0$$

$\Delta t'$ ahora: tiempo propio y $\Delta \tau$ impropio

$$\Delta t' < \Delta t$$

Sin embargo, si tomamos $\Delta x' > 0$ ($\Delta x' = 27,5 \text{ m}$)

$$\Delta t = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \Delta t' + \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \cdot \frac{v \Delta x'}{c^2}$$

a

$$\Delta t = \text{antes} + a$$

Δt sigue siendo mayor que $\Delta t'$.

Es evidente que así tenía que ser ya que se trata del *mismo* problema en el que en vez de conocer lo que mide S , conocemos lo que mide S' .

Comprobamos los cálculos:

$$\Delta t = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \left(\Delta t' + \frac{v}{c^2} \Delta x' \right)$$

$$\Delta t' = 2,5 \cdot 10^{-8} \qquad \Delta x' = 27,5 \text{ m}$$

$$\Delta t = \frac{5}{4} \cdot \left(2,5 \cdot 10^{-8} + \frac{5}{3} \frac{27,5}{3 \cdot 10^8} \right)$$

$$\Delta t = 10 \cdot 10^{-8} \text{ s} \quad \text{como era de esperar.}$$

RELOJ DE LUZ

Vemos el caso concreto en el que x'_1 y x'_2 coinciden. Es decir: los dos sucesos tienen lugar en la misma posición S' : $x'_2 - x'_1 = 0$.



Lo sustituimos en la ecuación de los tiempos:

$$t_2 - t_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \left((t'_2 - t'_1) + \frac{v(x'_2 - x'_1)}{c^2} \right); \quad t_2 - t_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} (t'_2 - t'_1)$$

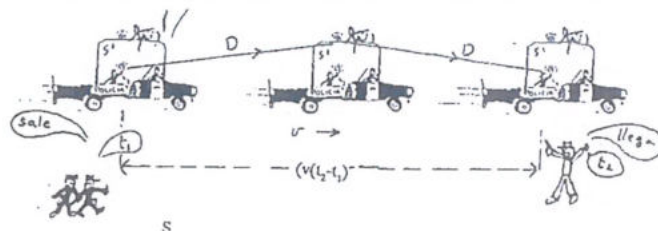
como $v < c$ o igual: $1 - v^2/c^2 < 1$ y $\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} > 1$

resultando en la expresión anterior que $(t_2 - t_1) > (t'_2 - t'_1)$



$$t'_2 - t'_1 = 2 \cdot L/c$$

t'_1 y t'_2 registros de un SOLO reloj para la salida y la llegada.



$$t'_2 - t'_1 = 2 \cdot \frac{L}{c}$$

t'_1 y t'_2 registros de un SOLO reloj para la salida y la llegada.

Medimos ahora respecto a S (fila de personas en Tierra) que medirán en sus DISTINTOS RELOJES la salida (suceso 1) y la llegada (2) de la luz $t_2 - t_1 = 2 \cdot \frac{D}{c}$

$$D = \left[\left(\frac{v(t_2 - t_1)}{2} \right)^2 + L^2 \right]^{1/2} \quad (t_2 - t_1)^2 = \frac{\left[\frac{v^2(t_2 - t_1)^2}{4} + L^2 \right] \cdot 4}{c^2}$$

Despejando $(t_2 - t_1)$: $t_2 - t_1 = \frac{2L}{(c^2 - v^2)^{1/2}}$

Sustituyendo $2L = c(t'_2 - t'_1)$

$$t_2 - t_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} (t'_2 - t'_1) \quad \text{como habíamos obtenido.}$$

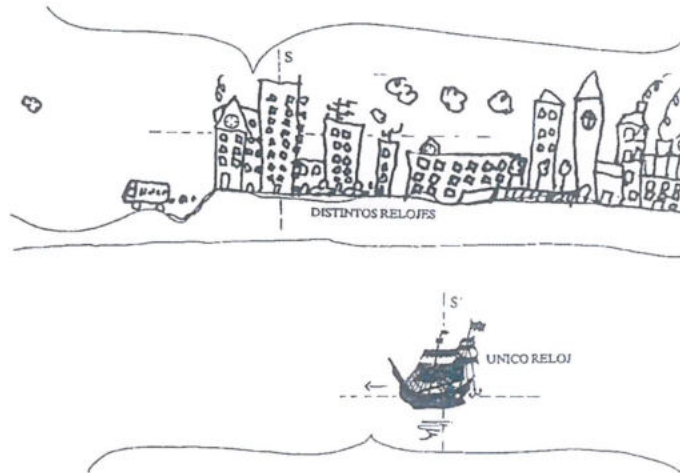
El intervalo de tiempo impropio siempre es mayor que el intervalo de tiempo propio. Podemos expresarlo: los relojes ligados a su sistema de referencia (o en reposo en él) S' registran intervalos de tiempos menores que los relojes del sistema respecto del cual se mueven los anteriores. Decimos: "Los relojes en movimiento retrasan".



Pero si el movimiento es relativo: **¿cómo se establece esa diferencia?**

En el hecho de que los tiempos propios (o medidos en relojes ligados a su sistema) se miden en un único reloj y el tiempo impropio se registra en distintos relojes síncronos entre sí.

Un reloj de S para comparar su medida con la del único reloj de S' *tendrá que esperar* a que la señal emitida por S' le llegue.



S' compara su tiempo con los relojes separados en S: *instantáneamente* a su paso por el punto de cruce con ellos.

Cualquiera de los sistemas puede elegirse como sistema al que permanecemos ligados o en reposo y una vez hemos hecho la elección en él registraremos intervalos de tiempo en un solo reloj, y la comparación de tiempos se hará en relación a los distintos relojes (síncronos en su sistema) frente a los que va pasando.

Lo que un pasajero en S' mide o "ve" es lo que marcan una fila de relojes (síncronos en S) según su posición x en S .

En cada instante se cumple:
$$t' = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \left(t - vx/c \right)$$

Vamos a tomar el origen de S en x_3 ; $x_3=0$ que es la posición de C , y además su reloj marca t_0 :

$$t' = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} t_0 \quad (\text{para } x = x_3)$$

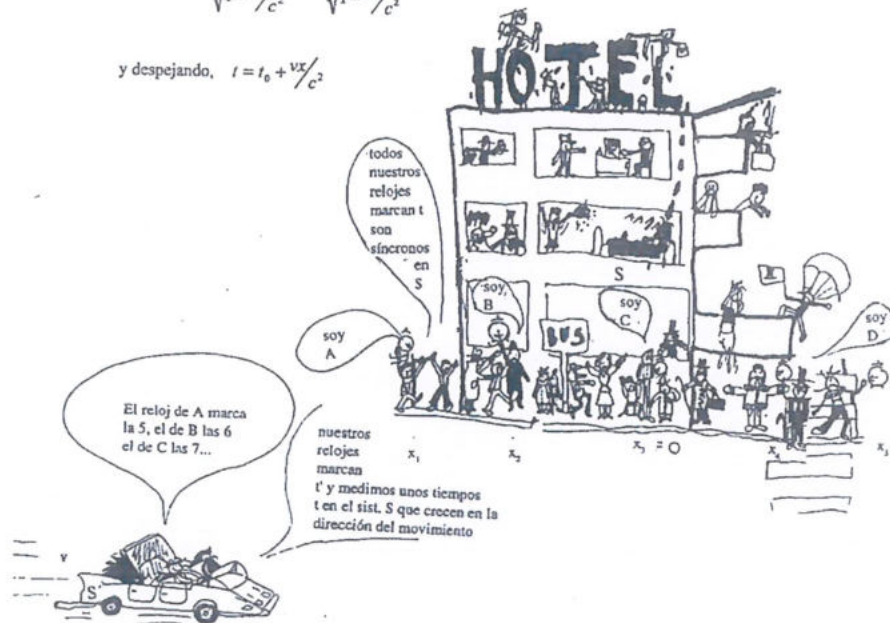
Sustituyendo ese valor en la primera ecuación:
$$\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} t_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \left(t - vx/c \right)$$

y despejando, $t = t_0 + vx/c^2$

Sustituyendo ese valor en la primera ecuación:

$$\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} t_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \left(t - vx/c \right)$$

y despejando, $t = t_0 + vx/c^2$



La medida t de los relojes de S efectuada por un observador ligado (o en reposo) a S' es CRECIENTE a medida que x crece desde valores negativos como x_1, x_2 ligados a la izquierda del origen x siguiendo los valores x_1, x_2 en el sentido del movimiento de S' .

LA RELATIVIDAD DE LAS MEDIDAS

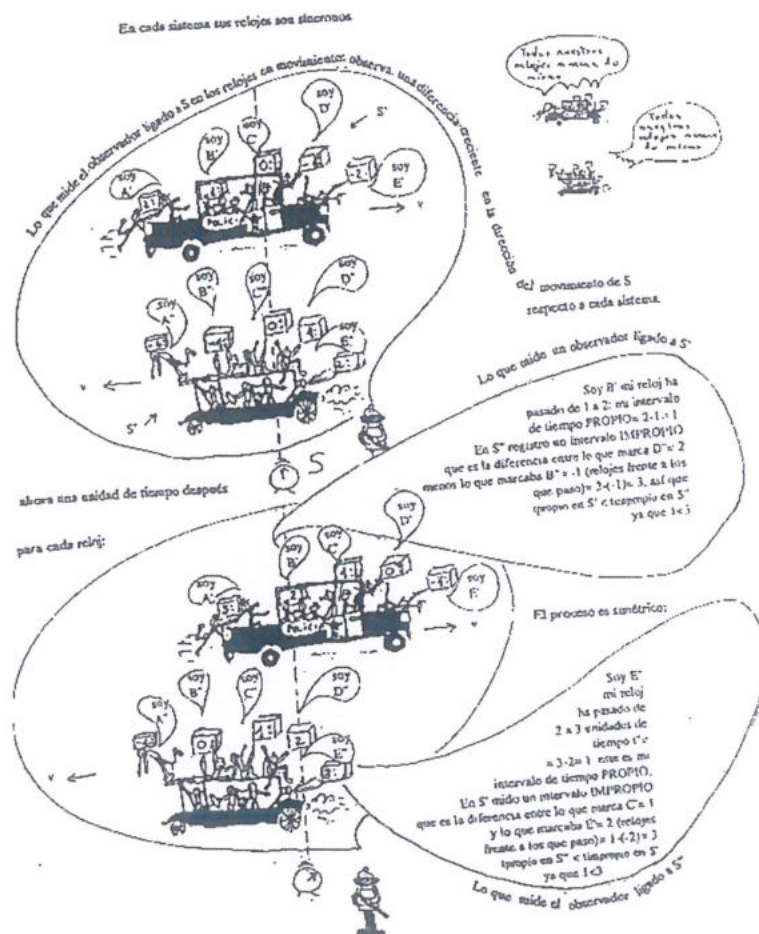
Como última situación para aclarar toda duda en lo que representa medir tiempos desde sistemas diferentes, vemos la simetría que poseen estas medidas como establece el Principio de Relatividad.

Hacemos pasar dos hileras de relojes una frente a otra ligadas a sistemas inerciales diferentes S y S' ; para un tercer espectador los relojes estarán adelantados según estén situados en la dirección de avance de su propio movimiento, según hemos visto.

Así que les asigna unos valores de tiempos crecientes que para S crecerán en una dirección y para S' en la contraria. (Los relojes en cada sistema, está claro, marcan lo mismo entre sí o son sincronicos).

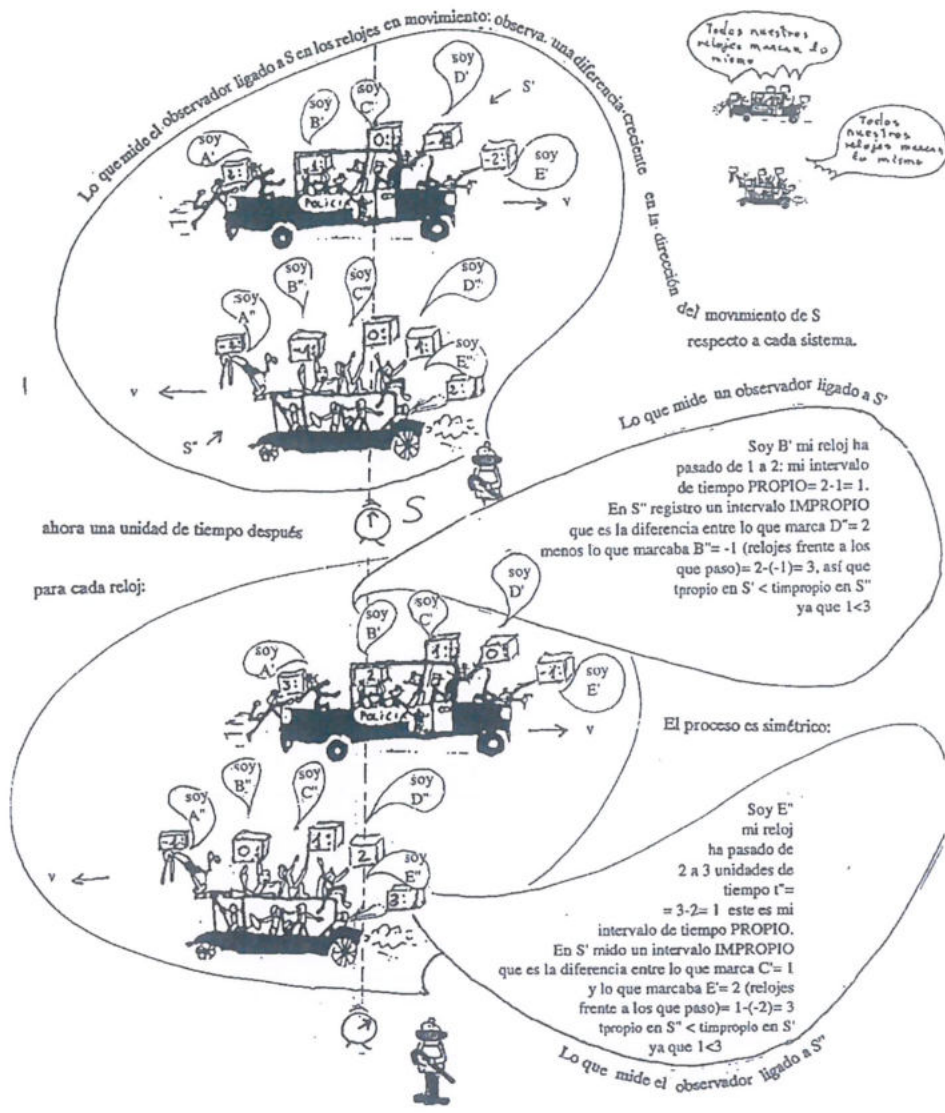
Imaginamos la misma situación cuando todos los relojes han avanzado una unidad de tiempo y suponemos que han desplazado un puesto respecto al tercer observador.

Si para un reloj cualquiera de uno de los sistemas hacemos el cálculo de un intervalo de tiempo propio comparado con el intervalo de tiempo impropio marcado por los dos relojes frente a los que ha pasado, se ve que el resultado es idéntico sea cual sea el sistema elegido. Los dos miden tiempos propios menores en su reloj y tiempo impropio o intervalo mayor en el otro sistema.



Consideraremos el caso de 3 sistemas que se observan en S' y S'' que se desplazarán en direcciones opuestas con velocidad v respecto a S .

En cada sistema sus relojes son sincrónicos.



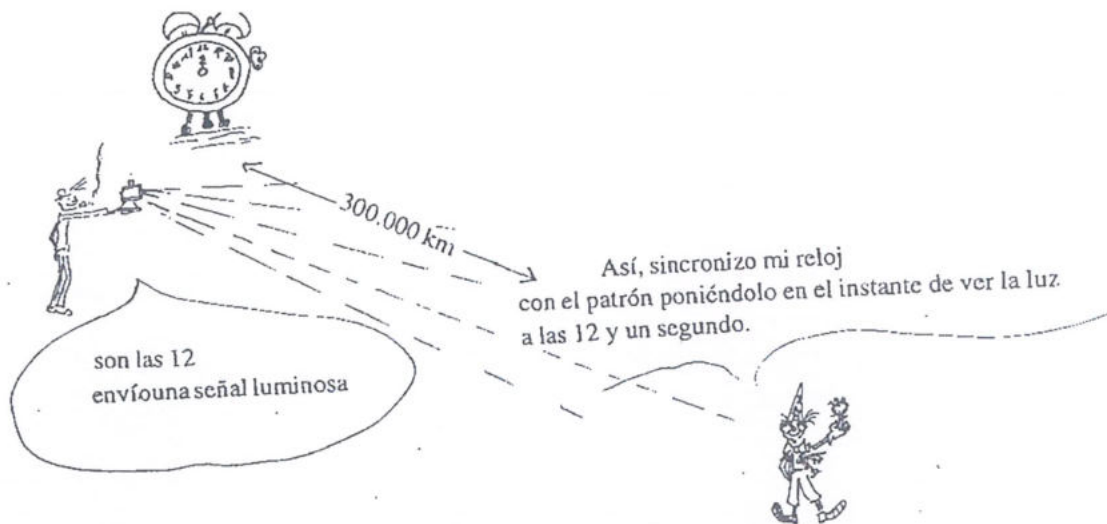
SINCRONIZACION DE RELOJES

Vemos cómo la Teoría de la Relatividad nos complica este aspecto. Antes podíamos coger nuestro reloj para ponerlo en hora e ir a ver lo que marcaba un reloj “patrón”, sincronizarlo con él y volver.



Es evidente que ahora el método no funciona para ir y volver..., transportamos nuestro reloj, nos movemos respecto al patrón, así nuestro reloj en movimiento retrasa respecto al patrón y no conseguimos la sincronización con él. ¿Qué hacer?

Sólo una forma: el reloj patrón alejado de nosotros nos envía una señal luminosa por ejemplo a las 12. Nosotros sabemos la distancia que nos separa de él, por ejemplo 300.000 km. Diremos, son las 12 más el tiempo que tardó la luz en llegar a mí, osea, 1 segundo.



Mi reloj, mientras no se mueve respecto al patrón, es síncrono con él.

ADICIÓN DE VELOCIDADES

En la Física clásica, cuando un cuerpo se ve sometido a dos o más movimientos, su velocidad era la suma vectorial:

$$U_x = v + U'_x \quad \text{para cada componente}$$

Estudiamos esa adición aplicando los Principios relativistas:

$$U_x' = \frac{dx'}{dt'} \quad U_y' = \frac{dy'}{dt'} \quad U_x = \frac{dx}{dt} \quad U_y = \frac{dy}{dt}$$



Vemos la relación entre las componentes en un sistema y en el otro.

Las componentes de mi velocidad U son U_x, U_y, U_z respecto a S : o lo que varía mi posición respecto a S en función del tiempo medido por S (t) U_x', U_y', U_z' : medidas desde S' .

Recordamos la Transformación de Lorentz y derivamos respecto a t' :

$$x = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} (x' + vt')$$

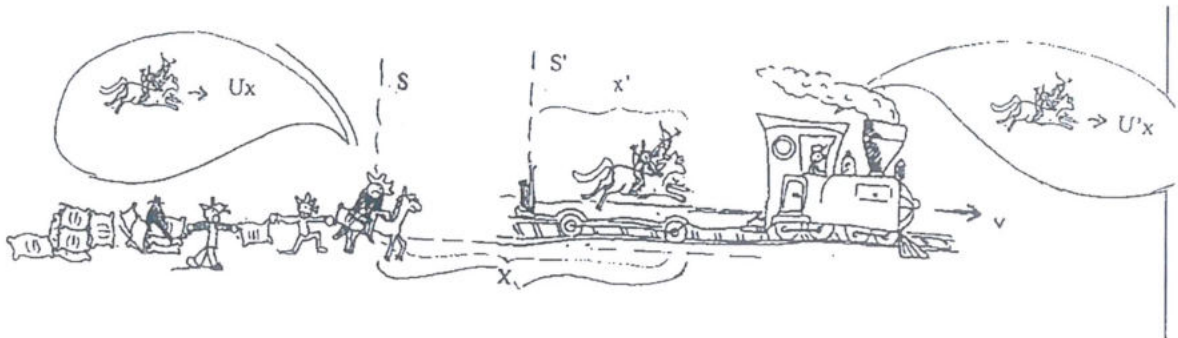
$$t = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \left(t' + \frac{vx'}{c^2} \right)$$

$$y = y'$$

Para las x:

$$\frac{dx}{dt'} = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \left(\frac{dx'}{dt'} + v \right)$$

$$\frac{dt}{dt'} = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \left(\frac{dt'}{dt'} + v \frac{dx'/dt'}{c^2} \right)$$



Para las y:

$$\frac{dy}{dt'} = \frac{dy'}{dt'}$$

$$dy = Uy' dt'$$

Sustituyendo $\frac{dx'}{dt'} = Ux'$ y dividiendo $\frac{dx}{dt'}$ entre $\frac{dt}{dt'} = \frac{dx}{dt}$

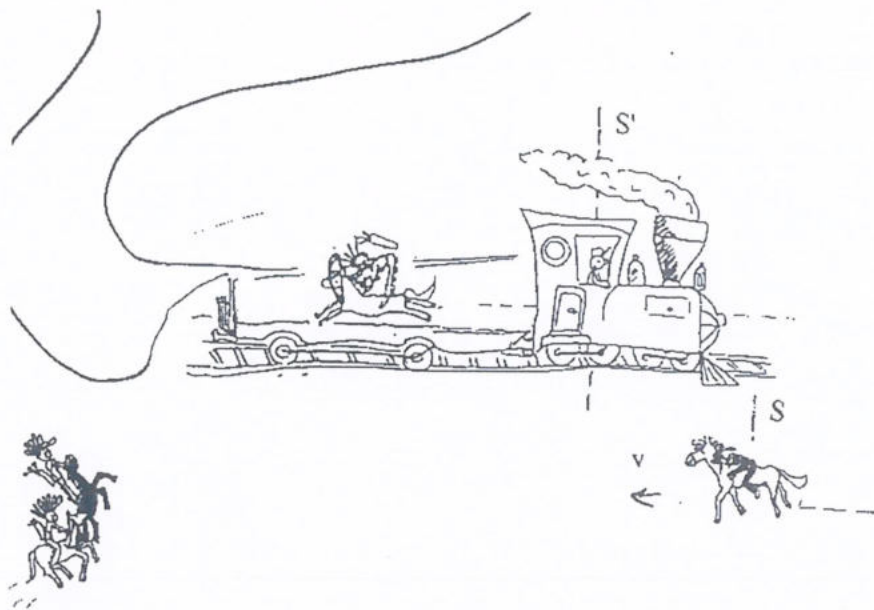
$$\frac{dy}{dt} = Uy = \frac{Uy'}{\frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \left(1 + \frac{Ux'}{c^2} \right)} = \frac{Uy' \sqrt{1-v^2/c^2}}{1 + vUx'/c^2}$$

Recíprocamente:

$$U_x' = \frac{U_x - v}{1 - vU_x/c^2}$$

$$U_y' = \frac{U_y \sqrt{1 - v^2/c^2}}{1 - vU_x/c^2}$$

$$U_z' = \dots$$



Las nuevas ecuaciones de adición de velocidad tienen de notable:

1° Los Principios Relativistas modifican TODAS las componentes de la velocidad y NO SÓLO las de la dirección del movimiento (en este caso la del eje x).

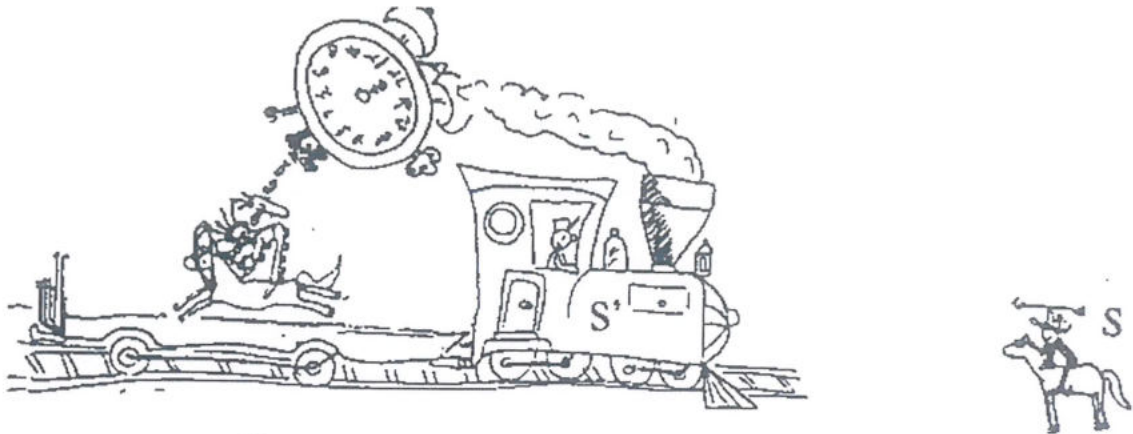
2° Las velocidades que actúan simultáneamente ya no se adicionan sumándolas vectorialmente, sino que es una adición más compleja según las ecuaciones anteriores.

Se observa: que si U_x' o U_x son muy PEQUEÑAS frente a C (casos corrientes en nuestro entorno de medidas).

vU_x'/c^2 es despreciable frente a 1 y $U_x' = U_x' - v$ cumpliéndose las ecuaciones clásicas.

Finalmente ha de tenerse en cuenta algo: que el móvil (indio) posea a su vez un reloj y con él mida sus velocidades respecto a los sistemas S y S' .

τ en S y τ' en S' ; velocidades propias del mismo



Estas velocidades que se llaman PROPIAS, están relacionadas por una Transformación de Lorentz.

Otra observación importante: si U_x es tan grande que $(U_x+v) > C$ (rebasando la velocidad de la luz) el denominador debido al factor (vU_x'/c^2) crece tanto que contrarresta el crecimiento del numerador.

Verificándose que nunca por adición se supere la velocidad de la luz C (cumpliéndose así el Segundo Postulado).



Vemos un ejemplo: el objeto lleva para S' velocidad $U_{x'} = c$, el sistema S' lleva velocidad relativa $v = c$ a S .

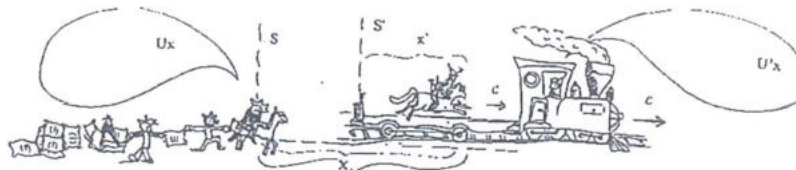
La adición clásica daría

$U_x = c + c = 2c$, que es mayor que c .

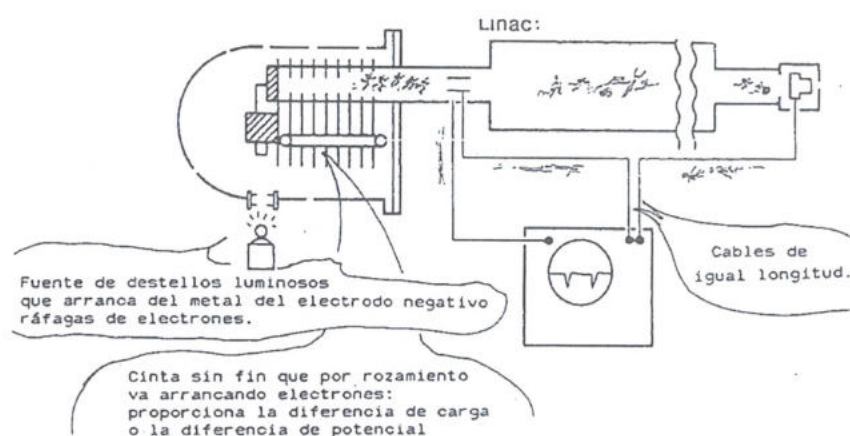
La adición relativista da:

$$U_x = \frac{U_{x'} + v}{1 + \frac{vU_{x'}}{c^2}} = \frac{c + c}{1 + \frac{c \cdot c}{c^2}} = \frac{2c}{1+1} = \frac{2c}{2} = c$$

c es ahora una *velocidad límite*.



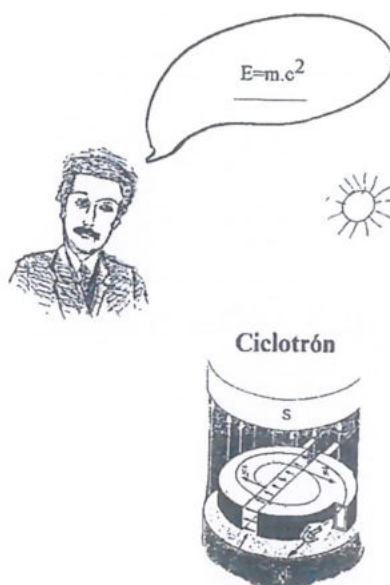
Este comportamiento se ve avalado por la evidencia experimental: se trata de la experiencia de la VELOCIDAD LÍMITE.



Esta experiencia que consiste en acelerar ráfagas de electrones en un acelerador lineal y medir su velocidad, su descripción, resultados y consecuencias constituyen un tema a desarrollar más adelante por su importancia.

Esta experiencia muestra la validez de la ecuación de adición de velocidades y cómo no es posible superar el valor de la velocidad C . Se abre así un nuevo capítulo en la medida de magnitudes esta vez lo que van a cambiar son nuestras ideas sobre los conceptos de masa y energía que van a pasar a ser conceptos relativos en su medida al sistema de referencia elegido.

El hecho experimentalmente probado de una velocidad límite para objetos que están recibiendo energía continuamente unido al principio de conservación de la energía (en un sistema de referencia dado) llevan a la formulación por Einstein del Principio de Equivalencia entre masa y energía de cualquier tipo, que se evalúa mediante un experimento “pensado”: “Caja de Einstein desquiciada”. Del resultado de esa evaluación se concluye con la ecuación quizá más divulgada de la Relatividad $E=mc^2$.



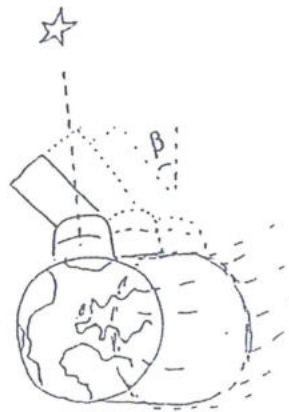
Otros aspectos: las ecuaciones de adición de velocidades relativistas cuando se aplican al cálculo de la velocidad de la luz en un medio en movimiento como el agua en el telescopio de las experiencias de Fizeau o de Airy también son acordes con las observaciones experimentales.

Los resultados experimentales infructuosos para medir la velocidad “absoluta” de la tierra quedan ahora justificados por las ecuaciones que se derivan de los Postulados Relativistas.

Einstein encontró un gran apoyo en estos resultados para continuar con su Teoría.

Así, obtenemos un resultado acorde con el experimental al aplicar la adicción de velocidades Relativista, al fenómeno de la observación de una estrella.

n = índice de refracción



Sobre la idea de la velocidad de la luz como velocidad límite.

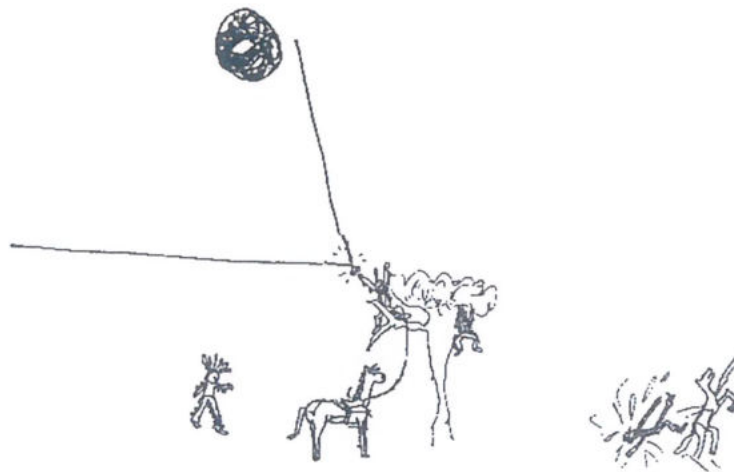
Cuando decimos que nada puede viajar a $v > c$ (según las ecuaciones de adición de la Transformación de Lorentz) nos referimos a la velocidad de algo que posea energía.

No nos referimos al movimiento relativo de algo a algo sin que esto suponga energía transportada.

Por ejemplo: la situación del punto de incidencia de una luz sobre un obstáculo (un rayo láser que se envíe con un cierto movimiento sobre la superficie lunar desde la tierra) puede adquirir una velocidad para un observador determinado superior a la de la luz (pero la del punto de incidencia, no la de los fotones, será que impactan, que seguirán viajando a velocidad c).

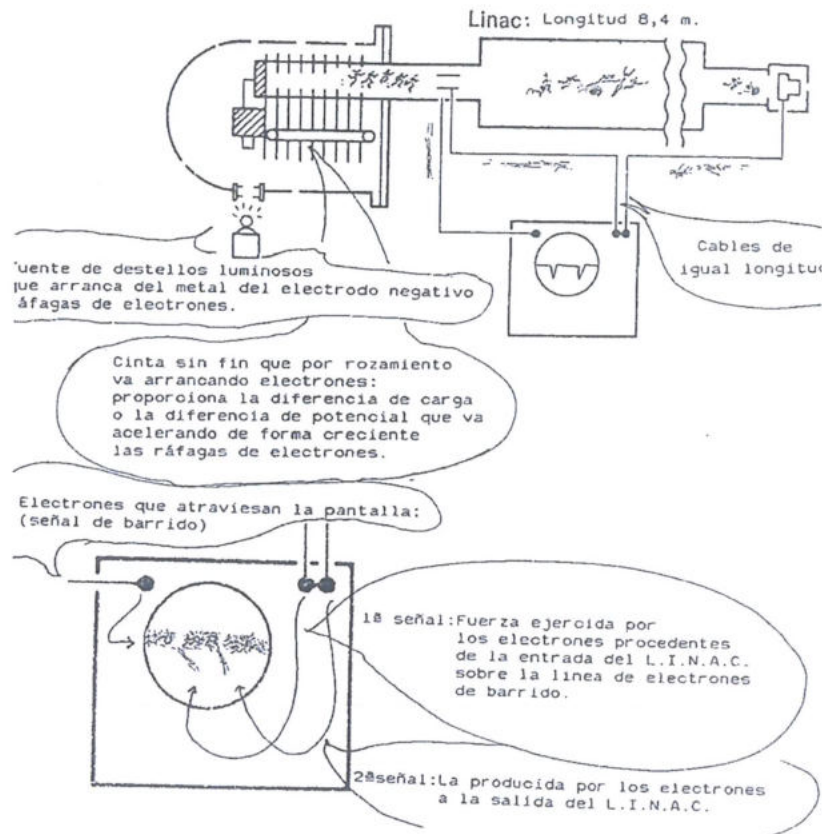


Se calcula que el punto de corte unas tijeras tan largas como de aquí a Marte viajaría a una velocidad mayor que c , pero no podría ese punto transportar información o energía.



Experiencia de la velocidad límite

A los electrones procedentes de un cátodo de una célula fotoeléctrica, suministrados por ráfagas, se les aceleraba o suministraba energía aumentando la diferencia de potencial del tubo de vacío que atravesaban (tensión que se aumentaba por medio de un generador de Van der Craff): cinta sin fin que por frotación adquiere más y más carga.



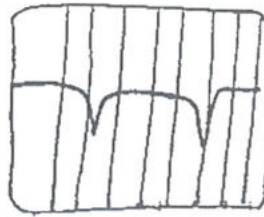
Las ráfagas cada vez con más velocidad atravesaban un túnel de 8,4 m y el tiempo en atravesarlo es lo que se registraba, lógicamente al aumentar la velocidad el tiempo de vuelo disminuía..., hasta el límite antes expuesto de la velocidad c ; a partir de ahí, todas las ráfagas darán el mismo tiempo de vuelo.

La medida del tiempo se hacía midiendo la distancia entre los picos de la señal en un osciloscopio, picos correspondientes a la señal de entrada en el tubo y la de salida.

Señal del osciloscopio:

La distancia entre los dos picos nos da el tiempo transcurrido entre las dos señales, distancia que medimos contando las divisiones; el tiempo se estabiliza en $3,3 \cdot 10^{-8}$ seg., que daba una distancia límite

$$\frac{8,4m}{3,3 \cdot 10^{-8} \text{ seg}} = 2,5 \cdot 10^8 \text{ m/s} \approx c$$



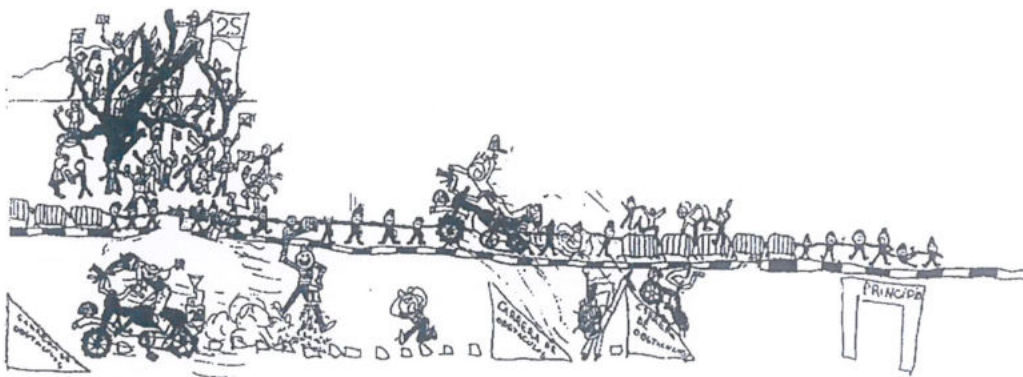
NO ES POSIBLE AUMENTAR LA VELOCIDAD DE UNA PARTÍCULA MÁS ALLÁ DE LA DE LA LUZ.

Si nos atenemos a la Física Clásica una partícula a la que se le comunica energía debería aumentar también ilimitadamente su velocidad, según la ecuación

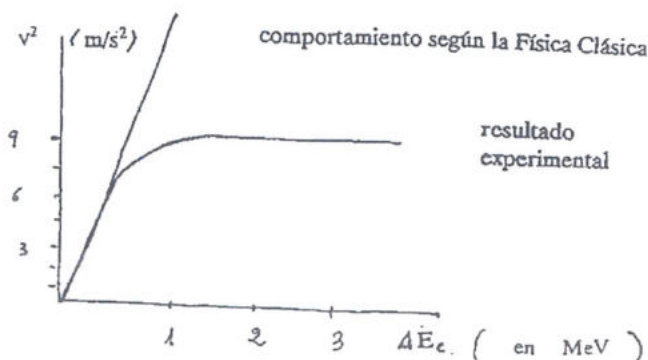
$$E = \int F ds = \int \frac{d(mv)}{dt} \cdot ds$$

En la Física Clásica m era constante y salía fuera del diferencial:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot mv^2 - \frac{1}{2} \cdot mv_0^2$$



Llegado a un valor próximo a la velocidad de la luz, ésta se mantiene por mucho que aumente la energía suministrada.



Llegado a un valor próximo a la velocidad de la luz, ésta se mantiene por mucho que aumente la energía suministrada.

Pero esto estaba en contradicción con el Principio de Conservación de la energía.

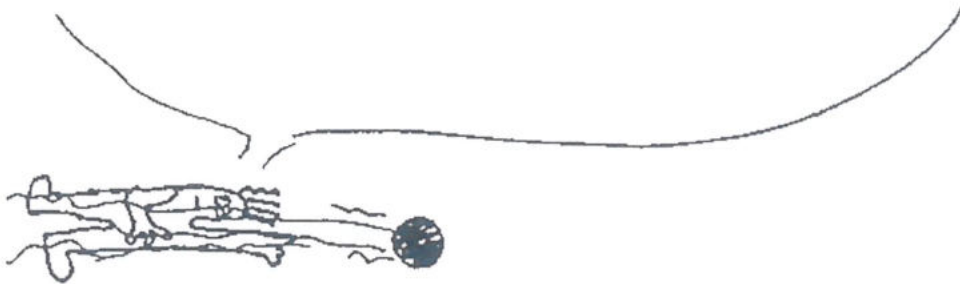
Si la energía suministrada no aumentaba la energía cinética, ¿dónde se acumulaba? ¿De qué forma?
DE MASA

Hipótesis confirmada en las transmutaciones nucleares (o energía atómica).

¿A qué cantidad E de energía en Julios equivale una cantidad de masa m ?

Recordemos la expresión $F = \frac{dP}{dt}$ donde $P = mv$ (cantidad de movimiento)

Masa a gran velocidad respecto a m_0 (sistema) = m $m > m_0$



La energía suministrada: dE se emplea en parte para aumentar la masa según:

$$dE = Fds = \frac{dP}{dt} ds = m \frac{dv}{dt} ds + v \frac{dm}{dt} ds$$

$$dE = m \cdot v \cdot dv + v^2 dm \quad \frac{ds}{dt} = v$$

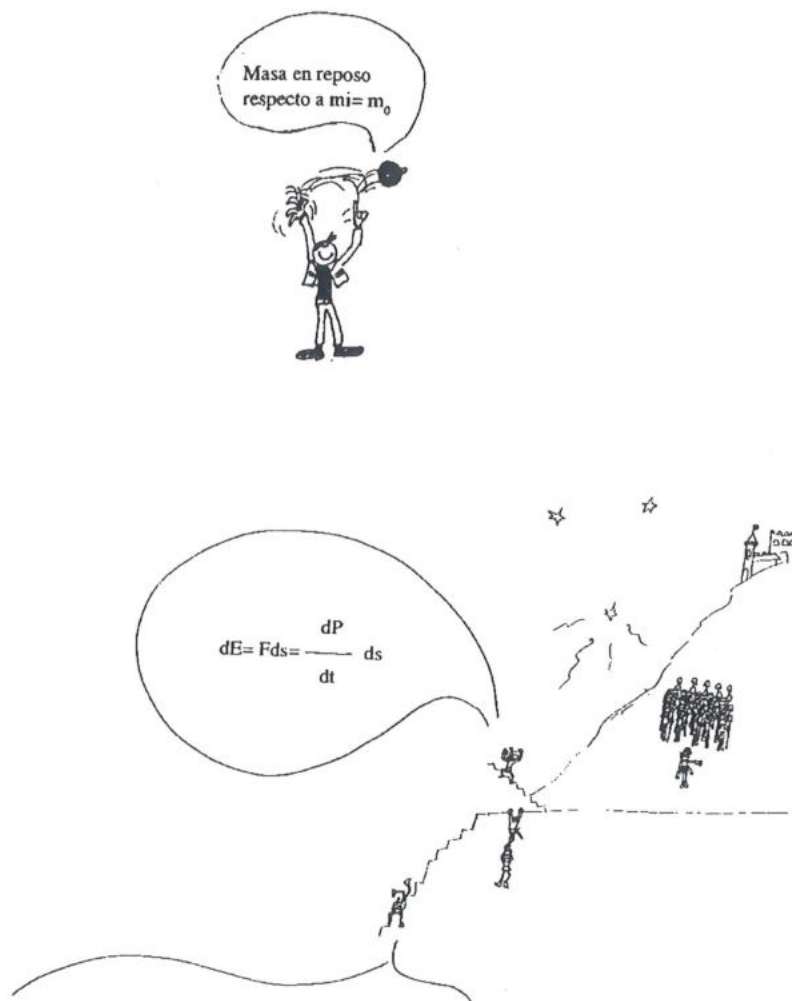
ENERGIA DE UN FOTON

Los fotones $= c = v = \frac{ds}{dt} = cte.$

$$dE = v \cdot d(m \cdot v) = v \cdot dp$$

$$E = \int c \cdot dp = p \cdot c \quad \text{energía de cada fotón}$$

(que se pone de manifiesto en la interacción con la materia).



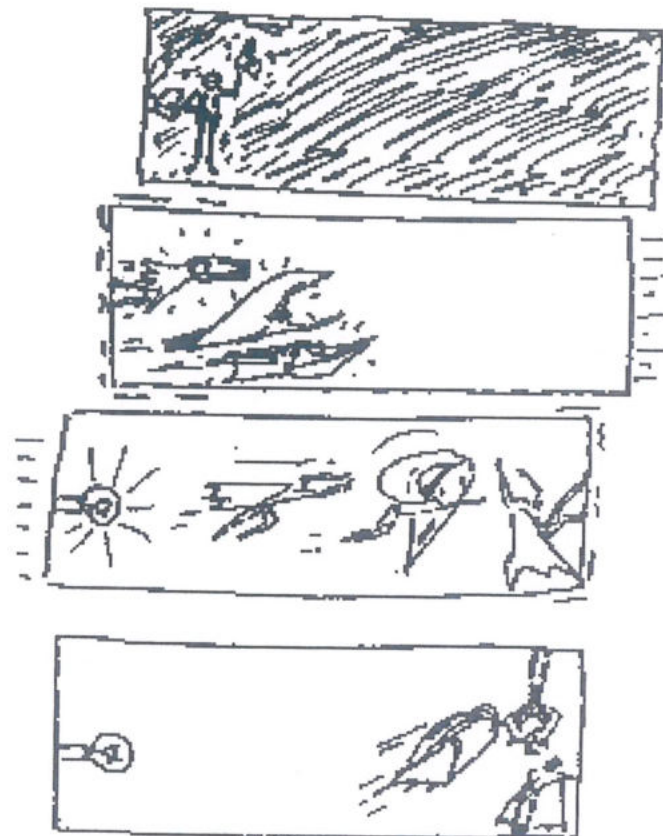
Así, la energía radiante se puede considerar como pulsos “paquetes de ondas” que configuran un campo de materia con semejanzas en su comportamiento con los fenómenos de carácter ondulatorio.

Cada pulso (fotón) tiene asociada una cantidad de movimiento p que puede transmitir. Esta hipótesis es avalada por la experiencia de la presión de radiación.

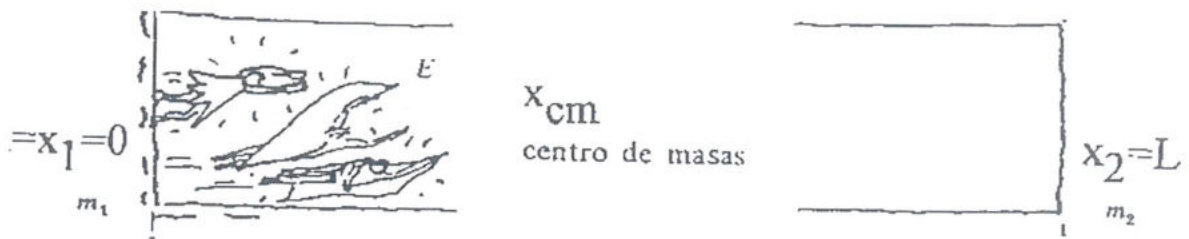
CAJA DE EINSTEIN

Cuando la radiación se emite desde un extremo de la caja de Einstein, este extremo experimenta una disminución en su masa inercial.

La absorción de la radiación en el otro extremo ocasiona un aumento en la masa de esa otra parte. Una vez absorbida, la energía pierde su identidad como energía de los fotones y acaba por convertirse en un aumento de la energía térmica.



Caja de Einstein desquiciada



Desde un extremo de $x = x_1 = 0$ se emite una energía E (ráfaga de fotones, luz) al otro $x_2 = L$ que está a una distancia L .

La masa total es M y está aislada: Posición de Centro de Masas $x_{cm} = \text{constante}$.

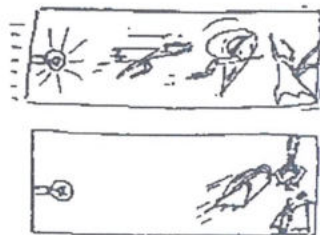
Los extremos de la caja están desconectados y sus masas iniciales son m_1 y m_2 ; m'_1 y m'_2 son las masas de cada extremo después de ser emitida la radiación.

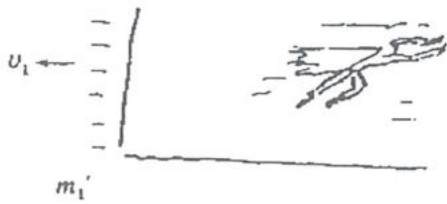
$$E = p \cdot c \quad \text{o} \quad p = \frac{E}{c}$$

$$p = m'_1 v'_1$$

(siendo v_1 la velocidad de retroceso del extremo de la caja y p la cantidad de movimiento que le comunica la radiación a través de la energía E).

$$v_1 = \frac{-(E/c)}{m'_1}$$



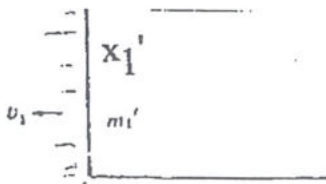


x'_{cm}

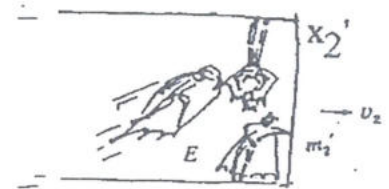


La energía llega a m'_2 después de un tiempo $t' = L/c$. Entonces:

$$x'_1 = v_1 t \quad x'_2 = L + v_2(t - t') \quad x'_1 = \left(\frac{E/m'_1}{c} \right) \cdot t \quad x'_2 = L + \left(\frac{E}{m'^2 c} \right) \cdot (t - L/c)$$



x'_{cm}

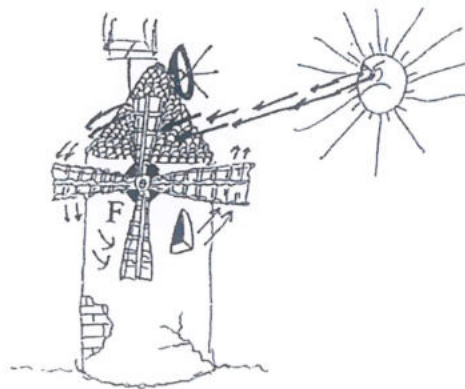


$$x_{cm} = \frac{(m_1 \cdot 0 + m_2 L)}{M} \quad ; \quad x'_{cm} = \frac{(m'_1 x'_1 + m'_2 x'_2)}{M} =$$

$$= \frac{\left[-\left(\frac{E}{c}\right) \cdot t + m'_2 L + \left(\frac{E}{c}\right) \cdot t - \left(\frac{E}{c^2}\right) \cdot L \right]}{M} = \frac{(m'_2 - E/c^2) \cdot L}{M}$$

$$x_{cm} = x'_{cm}$$

$$m_2 - m'_2 = \frac{E}{c^2} = m_1 - m'_1 \quad \text{es la variación de masa } m \quad E = m \cdot c^2$$



RELACION ENTRE LAS MEDIDAS PARA LA MASA Y LA ENERGIA DESDE DISTINTOS REFERENCIALES

Vemos cuál será la relación entre los parámetros energía y masa en reposo y en movimiento:

$$dE = Fds = \frac{dP}{dt} ds \quad dE = vdp$$

$$E = mc^2 \quad m = \frac{P}{v} \quad E = \frac{P}{v} \cdot c^2$$

$$EdE = c^2 p dp$$

integrando: $\frac{1}{2} E^2 = \frac{1}{2} c^2 p^2 + \frac{cte}{2}$ donde $cte = E_0$

dado que $E_0 = E$ para $p=0$ (reposo)

$$E^2 = c^2 p^2 + E_0^2 \quad c^2 p^2 = \frac{E^2 v^2}{c^2}$$

$EdE = c^2 p dp$ integrando

$$\frac{1}{2} E^2 = \frac{1}{2} c^2 p^2 + \frac{cte}{2}$$

$cte = E_0$

$E_0 = E$ para $p=0$ (reposo)

$$E^2 = c^2 p^2 + E_0^2$$

$$c^2 p^2 = \frac{E^2 v^2}{c^2}$$

Sustituyendo:

$$E^2 = \frac{E^2 v^2}{c^2} + E_0^2$$

Despejando:

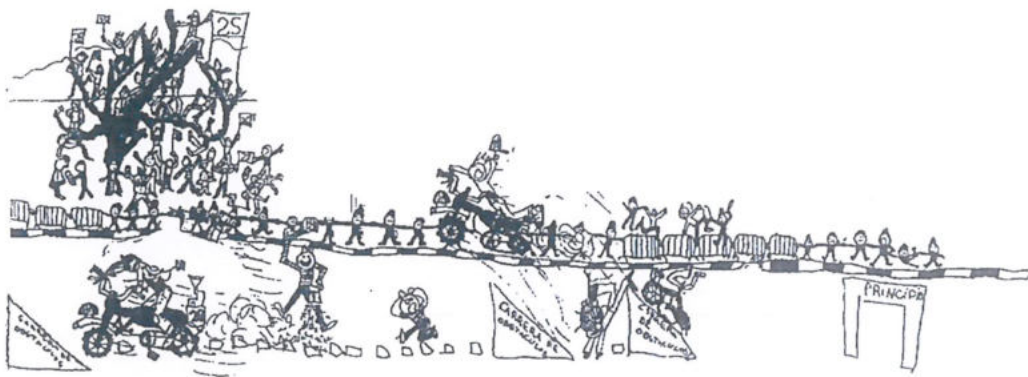
$$E = \frac{E_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Sustituyendo: $E^2 = \frac{E_0^2 v^2}{c^2} + E_0^2$

Despejando: $E = \frac{E_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$

Como $E_0 = m_0 c^2$ y $E = mc^2$ $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$

Los cuerpos en movimiento poseen más masa inercial o gravitatoria cuando se miden desde el sistema respecto al cual se mueven.



ENERGÍA Y MASA

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$$m^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) = m_0^2$$

$$m^2 c^2 - m^2 v^2 = m_0^2 c^2$$

$$2mc^2 dm - 2mv^2 dm - 2m^2 v dv = 0$$

$$c^2 dm = v^2 dm + m d\left(\frac{1}{2}v^2\right)$$

$$c^2 dm = v^2 dm + m \cdot \frac{d}{\frac{1}{2}v^2}$$

dE

dE

$$dE = c^2 dm$$

(toda la energía suministrada se instruye en función del aumento de masa)

(o bien en función de otros parámetros la velocidad del sistema y la masa en movimiento)

$$dE = v^2 dm + m \cdot d\left(\frac{1}{2}v^2\right)$$



Mi masa respecto del sistema de mi sistema es m_0 .

Respecto a tierra es $\frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = m$

La luz es el caso límite: posee masa debido a su velocidad: su $m_0 = 0$.

Su masa aumenta en una cuantía igual a la energía que medida desde S se le ha suministrado que llamo $K = dE = c^2 dm$

La masa medida desde S' es m_0 (en reposo) desde el punto de vista de S' la energía suministrada hace retroceder al sistema S que es para S' quien se mueve y en consecuencia el que aumenta de masa.

LA RELACION CON LA ENERGIA SUMINISTRADA

Relación entre la velocidad y la energía cinética que se observa, k

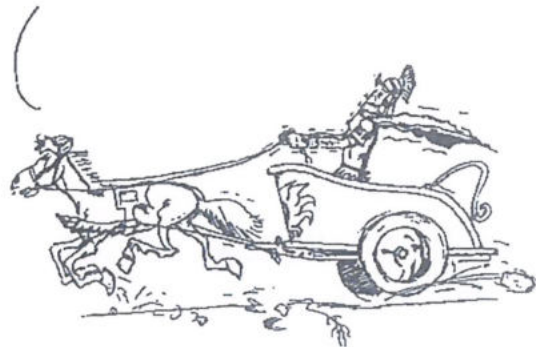
$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad \text{Desarrollando la ecuación} \quad dE = K = dm$$

Según $dm = mc^2 - m_0c^2$

$$K = m_0c^2 \left[\frac{1}{\left(1 - v^2/c^2\right)^{1/2}} - 1 \right] \quad 1 + K/m_0c^2 = \left(1 - v^2/c^2\right)^{-1/2}$$

$$\text{Despejando:} \quad v^2 = c^2 \left[1 - \left(1 + K/m_0c^2\right)^{-2} \right]$$

no se obtiene casi
aumento de la velocidad v



La energía extra suministrada K a través del trabajo realizado por fuerzas externas es mayor cada vez, y no se obtiene casi aumento de la velocidad v . El carro se hunde más y más.

$$K = m_0c^2 \left[\frac{1}{\left(1 - v^2/c^2\right)^{1/2}} - 1 \right] =$$

$$= m_0c^2 \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{v^2}{c^2} + \frac{3}{8} \cdot \frac{v^4}{c^4} + \frac{5}{16} \cdot \frac{v^6}{c^6} + \dots \right)$$

Para $v \ll c$ $K = \frac{1}{2} \cdot (mv^2)$ ecuación clásica de la energía cinética

Respuesta actividad

$$K = 500 \text{ millones de volts} \cdot Q \text{ protón} = 500 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ joule} = 500 \text{ MeV}$$

Si K representa la energía extra dE que se comunica a una partícula por medio de un proceso de aceleración.

Es la diferencia entre la energía total E y la energía en reposo E_0 :



$$K = mc^2 - m_0c^2$$

$$m = \frac{K + m_0c^2}{c^2}$$

La ecuación
$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

ofrece realmente una descripción de la relación entre la velocidad y la energía cinética que se observa, K

$$K = m_0c^2 \left[\frac{1}{\left(1 - v^2/c^2\right)^{1/2}} - 1 \right]$$

$$1 + \frac{K}{m_0c^2} = \left(1 - v^2/c^2\right)^{-1/2}$$

$$= m_0c^2 \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{v^2}{c^2} + \frac{3}{8} \cdot \frac{v^4}{c^4} + \frac{5}{16} \cdot \frac{v^6}{c^6} + \dots \right) \quad m_0 = 1,672 \cdot 10^{-27}$$

Despejando:
$$v^2 = c^2 \left[1 - \left(1 + \frac{K}{m_0c^2}\right)^{-2} \right]$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$m_0 c^2 = 938 \text{ MeV}$$

$$\frac{K}{m_0 c^2} = 0,533$$

$$v = 0,75$$

$$m(v) = \frac{m_0}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{1/2}}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - 0,5744}} = m_0 \cdot 1,53$$

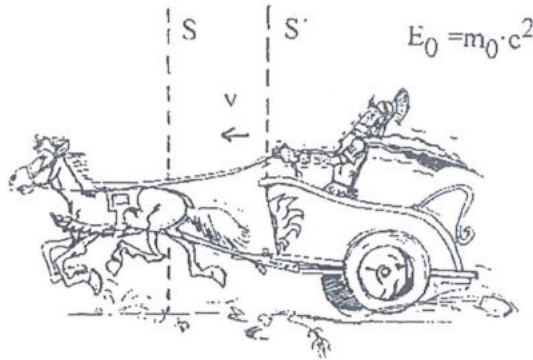


MAGNITUDES INVARIANTES

Alguna conclusión más: la Transformación de Lorentz en la medida de intervalos y tiempos nos muestra una relación en la medida de estos parámetros desde sistemas diferentes, tal que para conocer un parámetro (por ejemplo el tiempo) en un sistema de referencia en función del medido en otro sistema, además de conocer éste hay que conocer la *coordenada del suceso* cuyo tiempo estamos midiendo en el otro sistema.

Esta relación entre espacio y tiempo: dos parámetros que la Física clásica consideraba independientes y que ahora se influyen es una característica de la Teoría Relativista, y otros parámetros van a relacionarse igualmente a medida que avancemos a otros campos de la Física.

Este tipo de relación conduce a unas magnitudes que llamaremos invariantes y que nos llevan a una interpretación de nuestro espacio tiempo bajo una cuarta dimensión:



Existen parámetros que no varían. Uno de ellos, de particular interés, es: el *intervalo* ds

Se define: $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2t^2$ (medido en S)

o $ds'^2 = dx'^2 + dy'^2 + dz'^2 - c^2t'^2$ (medido en S')

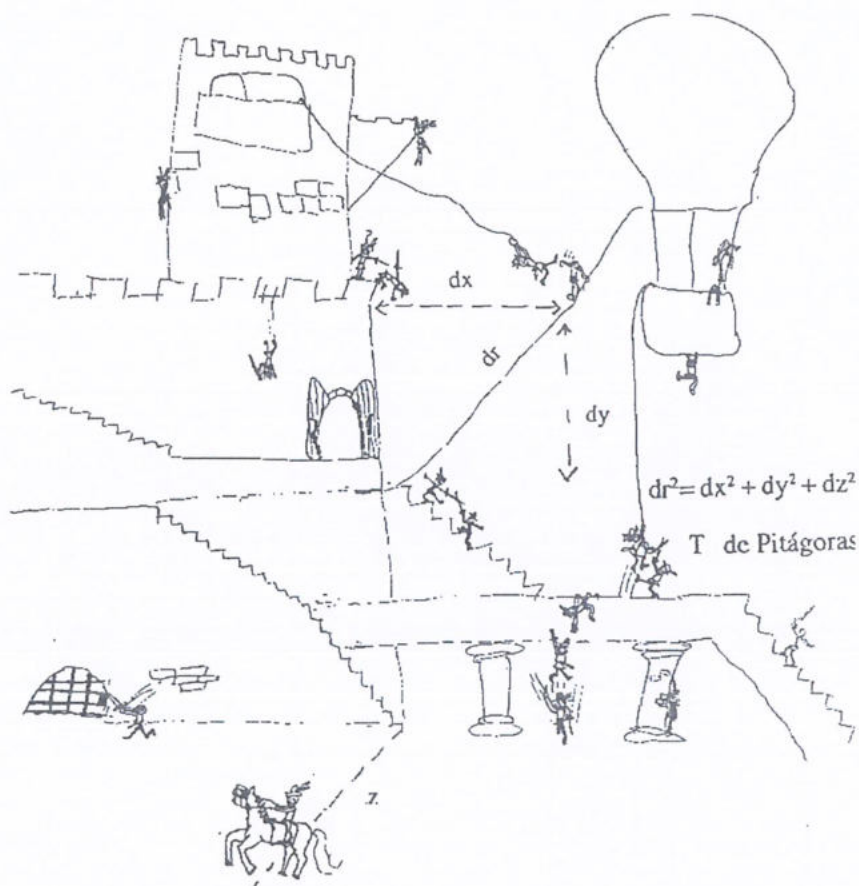
Sin embargo, ds tiene el mismo valor en los 2 sistemas de referencia (no hay más que sustituir x' , y' , z' y t' según la Transformación de Lorentz y se ve:

En S' $(ct')^2 - x'^2 = ds'^2$

$$t' = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \cdot \left(t - vx/c^2 \right)$$

$$x' = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \cdot (x - vt)$$

Sustituyendo en $(ct')^2 - x'^2$ obtenemos: $(ct)^2 - x^2$



Así que en todos los sistemas inerciales las diferencias $(ct)^2 - x^2$ o $(ct')^2 - x'^2$ son iguales y las hacemos $= S^2$.

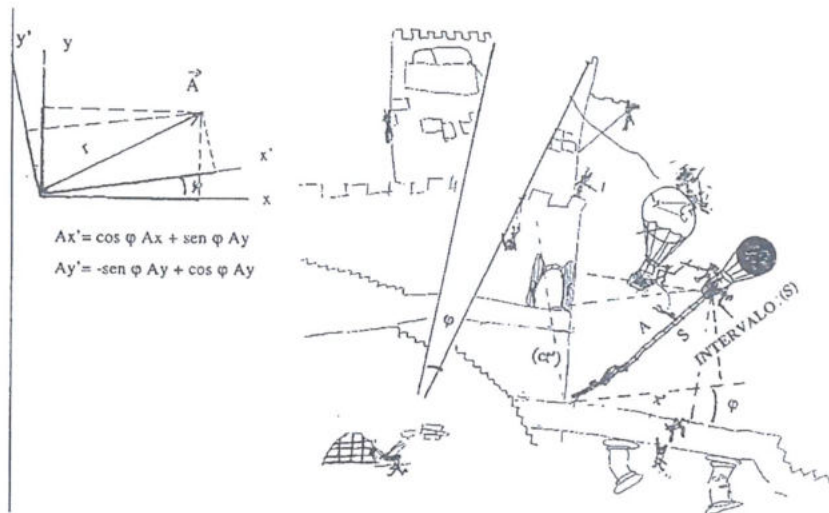
¿Cómo se interpreta?

Einstein ve en el intervalo una magnitud espacio-temporal de *cuatro dimensiones* de coordenadas: x , y , z e ict .

A este tipo de magnitudes se les llama *cuadriectores*.

ds : representa la distancia más corta en el espacio tiempo de 4 dimensiones.

ds representa la hipotenusa (distancia más corta) en función de las coordenadas o catetos en un espacio de 2 dimensiones $dr^2 = dx^2 + dy^2$ o de 3 dimensiones $dr^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$ (Teorema de Pitágoras).



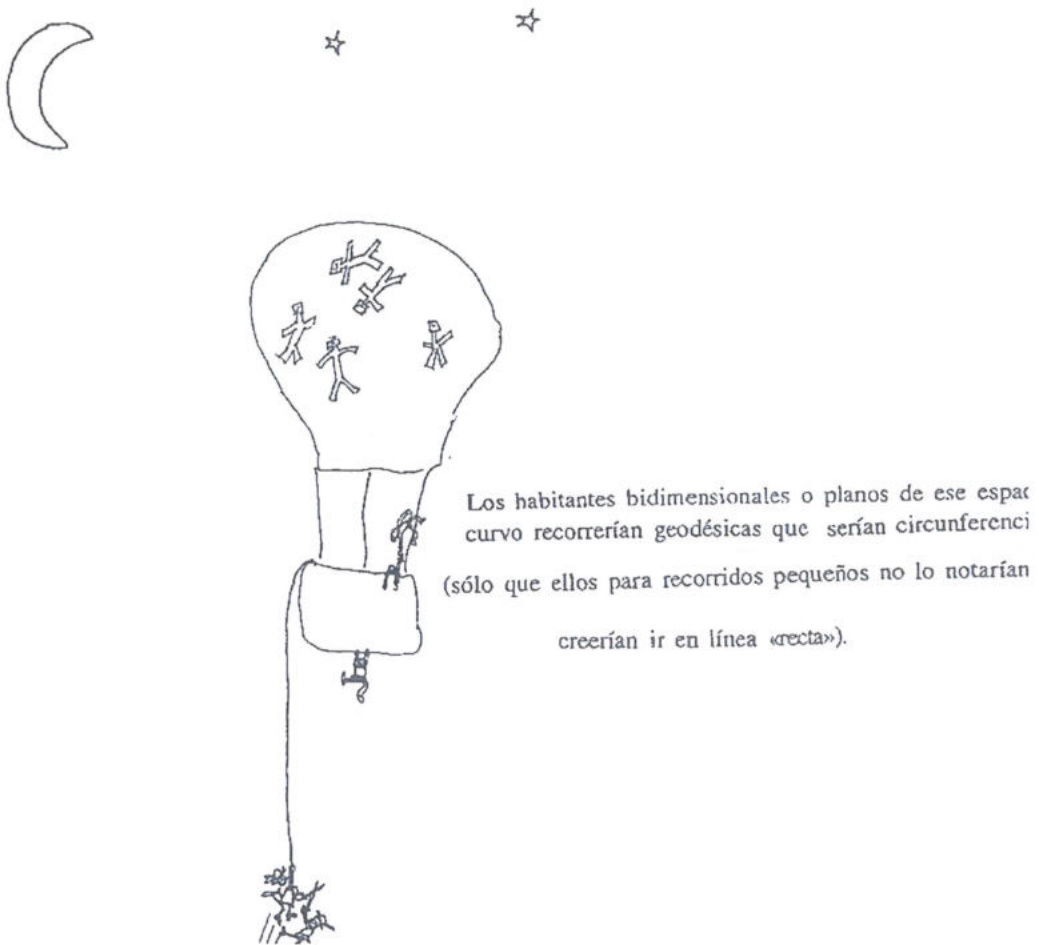
En ausencia de otras fuerzas que no sean las gravitatorias, cada partícula en el universo recorrerá el camino más “corto” (P. de Fermat) que le sea posible. Son los caminos que llamaremos *geodésicas*.

En el espacio plano de 2 dimensiones, dr es la geodésica.

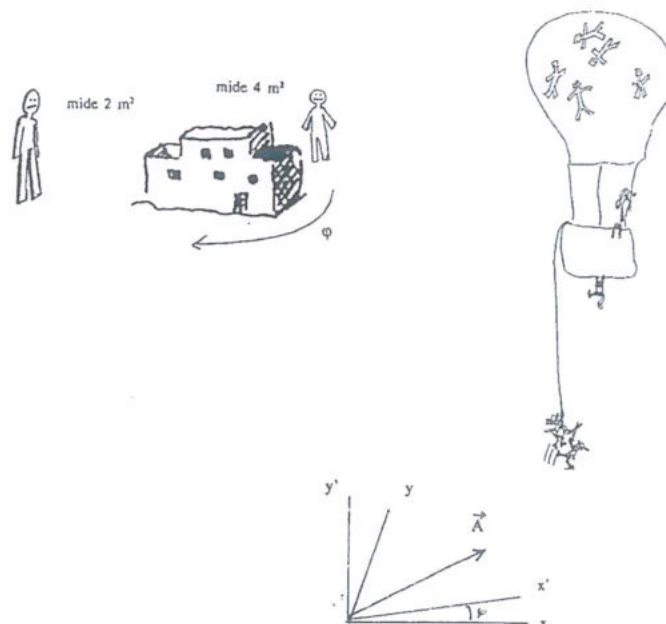
Einstein va a considerar para muchos aspectos al universo como un espacio-tiempo de tres dimensiones curvado en la cuarta dimensión.

De igual manera que la tierra puede tomarse como un espacio de dos dimensiones curvado en la tercera.

Los habitantes bidimensionales o planos de este espacio curvo recorrerían geodésicas que serían circunferencias (sólo que ellos para recorridos pequeños no lo notarían: creerían ir en línea “recta”).



Einstein, según este modelo, interpreta las discrepancias en nuestras observaciones desde sistemas diferentes: por la distinta visión (o “ángulo”) con que cada sujeto tridimensional que parecemos ser, percibe los datos procedentes de objetos de cuatro dimensiones en el espacio-tiempo.



Es análogo a: dos seres bidimensionales con distinto ángulo de mira obtienen medidas de superficie diferentes sobre una caja que sin embargo posee una medida única invariante en el espacio de tres dimensiones: su volumen = 8 m^3 .

Anexo V. Los datos brutos

Introducción

Este anexo recoge los datos que se citan en el apartado 2.3.4, y que representan la transcripción de episodios verbales grabados, y tipificados, según el sistema de registros elegido para señalar categorías y subcategorías de comportamiento.

Esta muestra seleccionada para efectuar el análisis y descubrimiento de fenómenos, diversifica los datos en dos ambientes: «patrón» y «problema», en función del esquema conceptual que sirve de soporte al Paradigma en cada uno, en el primero el Clásico o Newtoniano, en el segundo el Actual o Relativistam, frente al mismo alumnado.

El tiempo que se dedica a cada uno es de siete sesiones o clases (de unos 55 minutos cada una), de las que se obvian, a la hora de grabar, los primeros minutos (sobre todo en el primer ambiente), que se dedican al dictado de ejercicios, información varia, poner fechas de evaluación o sobre todo al desarrollo de asuntos teóricos, analíticos, o definiciones. Así se limita el tiempo de grabación en muchas sesiones a los 30 minutos de una cara de las cintas. El fin es agilizar el temario, y que las interrupciones sean mínimas. Luego si el tema se presta a entrar en un debate, la grabación se extiende a la otra cara «B», situación más frecuente en el ambiente del «problema», lógico si se tiene en cuenta que en el mismo, los asuntos más teóricos (sin una conceptualización conforme con el sentido común) precisan de estrategias de acomodación, lo que deviene en la actitud pedagógica de los tratamientos de «casos», y el tiempo de grabación se amplía al haber más intervenciones. No obstante, y debido a asuntos externos, también éste se ve recortado: por un examen de la hora anterior, un informe de la dirección, etc. Así en su conjunto, los siete días en cada ambiente parecieron equiparables, y la diferencia tampoco distorsionaría el análisis, ya que éste se hacía sobre cifras porcentuales. Es de señalar que otros datos registrados han sido añadidos fuera de los tomados por grabación, configurados como notas de campo, en los dos ambientes; estas notas recogen episodios que se producen muy al final de las clases, cuando la cinta se ha parado, y se anotan de memoria a fin de seguir dando constancia literal (más o menos significativa) de lo que sucede.

El sistema de identificación adoptado refieren con una «P» las entradas con intervención de la profesora a lo que generalmente sigue una transcripción abreviada de lo que expone; la intervención de los alumnos se señala con «A» y reproduce lo que dicen de la forma más exacta posible; luego si se precisa alguna aclaración, ésta se pone entre paréntesis.

Con el fin, además, que en el «perfil» de la enseñanza los dos escenarios sean equiparables, y como en el del problema domina el perfil pedagógico, como se ha dicho, del de tratamiento de «caso» en el «patrón» se da alguna discontinuidad en los días que se

eligen, obviando los dedicados a los desarrollos muy teóricos. También se cuida que ambos estén próximos en el tiempo.

Finalmente las catorce sesiones se corresponden a los siguientes días.

Para el «patrón»:

Martes 31 de Octubre de 2000
 Jueves 2 de Noviembre de 2000
 Lunes 6 de Noviembre de 2000
 Martes 7 de Noviembre de 2000
 Miércoles 8 de Noviembre de 2000
 Martes 14 de Noviembre de 2000
 Miércoles 15 de Noviembre de 2000

Para el «problema»:

Lunes 20 de Noviembre de 2000
 Martes 21 de Noviembre de 2000
 Miércoles 22 de Noviembre de 2000
 Jueves 23 de Noviembre de 2000
 Lunes 27 de Noviembre de 2000
 Martes 28 de Noviembre de 2000
 Miércoles 29 de Noviembre de 2000

Antes de proceder a la transcripción de los datos, se recuerda el sistema de códigos elegido para las unidades analíticas que llevarán al registro de categorías y subcategorías:

Resumen de las categorías y subcategorías (unidades analíticas que les caracterizan)

Foco: Actitud

El primer foco es el que se interesa por el constructo que percibe lo que se podría denominar «talante» hacia el proceso; en el mismo, las «reglas de descomposición» se establecen bajo parámetros como: grado de implicación, interés por participar..., lo que se instrumentaliza a través de las categorías: Motivación (M), y Apatía (A), que en su sesgo en la expresión más extrema se va a señalar como Negación (N).

Categorías (M) y (A) o (N): definición y diferencias con otras

Como exponentes de actitud, se constituyen bajo los dos tipos posibles y contrarios del acuerdo con lo que se realiza.

M: da cuenta de participación activa, A y N representan la actitud que va: desde la apatía o una muestra de simple cortesía A, a la negación de entrar en el debate u oposición explícita al mismo N, esta última es poco probable que se produzca, y menos en un curso como éste que atiende intereses que son elegidos por los alumnos; no obstante es necesario tener en cuenta la diversidad de eventos que puedan ser categorizados.

Las diferencias de estas categorías con las demás es que se instruyen desde cualquier evento, en cualquier hecho se puede hacer lectura sobre la actitud, incluso aunque ésta sea un silencio, según la circunstancia se interpretará y se decidirá el tipo; la interpretación se ceñirá a la implicación tal como el interés, asiduidad, sesgo en lo festivo, o bien expresiones en la actitud contraria, pero no se indaga en la utilidad del evento en la consecución didáctica.

Las categorías de este foco se pueden instruir desde los mismos eventos que configuran, tanto por las unidades analíticas de las distintas categorías, como de los de las subcategorías.

Categoría: Motivación (M)

Unidades analíticas

- M_a : Intervención espontánea como: pregunta, respuesta, manifestación, argumento..., hay seguimiento en el asunto que se trata (a la vez se aprecia en conformidad con la actitud del resto de participantes, que escuchan, asienten o debaten a la vez...).
- M_b : Hablan entre ellos del tema, ríen, bromean, discuten, se ayudan.
- M_c : Las manifestaciones son parcas o hay silencio, pero son afines a los requerimientos en continuidad y espectación con el asunto tratado.

Categoría: Apatía (A)

Unidades analíticas

- A_a : La intervención se aprecia que se hace con desgana, o simple cortesía, y es muy parcial, en general se observa distracción, quizá cansancio, se puede calificar de muestra por un mínimo interés en el asunto.
- A_b : Se produce silencio, que no es espectante de hecho, el mismo parece proceder de cierto desentendimiento.

Categoría: Negación (N)

Unidades analíticas

- N_a : No hay atención a lo que se hace, se ocupan de otros asuntos.
- N_b : Se pone de manifiesto abiertamente la contrariedad frente a lo que se hace.

Foco: Aprendizaje

El segundo ámbito se instruye en la tipificación del modo en el proceso de «cognición», y representa la atención al foco que perfila los avances en lo pedagógico. También se extiende en dos tipos, que sin ser del todo antagónicos, sí son los dos modos que aunque complementarios son opuestos en los procesos de asimilación y empleo de lo que se aprende; sus dos categorías son: Significación (S) y Destreza (D).

Categorías (S) y (D): definición y diferencias con otras

La primera (S): es muestra de conocimiento integrado, que desarrolla con lógica la aplicación de la instrucción al acontecimiento: significativo.

La segunda (D): la que más bien se instala en el conocimiento memorístico, la copia, repetición operacional simple, como destreza

De hecho ambas, en su conjunción, son muestra de capacitación y en parte se complementan, simplemente la primera es expresión plausible de un modo que implica eficacia o fertilidad, aplicación coherente de lo sabido, capaz de detectar las desviaciones, con lo que de forma estandarizada se ha aprendido.

La segunda la capacidad de repetir pautas.

Las dos categorías pueden derivar de unidades comunes a cualquier subcategoría, ya que estas últimas se constituyen en unidades que tienen las particularidades que caracterizan el tipo de la subcategoría.

Categoría: Significación (S)***Unidades analíticas***

- S_a : Hecho que es muestra de debate explícito o interior, que utiliza coherentemente la lógica de la instrucción, en su aplicación al proceso que se analiza, o a la resolución de casos, ya conduzca o no a la solución eficaz de los mismos.
- S_b : Asociación de recursos, una alusión, una estrategia que, aunque no lleve a la solución más efectiva, es muestra de combinación lógica de los recursos y procedimientos aprendidos.
- S_c : La significación se detecta en la aparición como evento de silencio, pero en el caso en que el mismo es coherente con el entendimiento de la situación, que presenta por ejemplo una incongruencia, falta un dato...
- S_o : Significación que se presume ha sido inducida externamente. No da lugar a contabilizar (S), sino la inducción (O) que representará dicha subcategoría.

Categoría: Destreza (D)***Unidades analíticas***

- D_a : Se aprecia conocimiento, pero sin muestra de análisis sistematizado para su aplicación a las singularidades del caso; puede ser proceso que se apoya en la memoria simple, copia de parámetros, mención al azar...

- D_b: Se resuelve un proceso en lo analítico simple.
 D_o: Como en la anterior, (D) no se produce y sí el tipo inducción (O).

Subcategorías

Eventos que derivan jerárquicamente del conjunto de características comunes en las unidades analíticas que definen las categorías.

De acuerdo con la idea de que las subcategorías se contabilizan o registran a través de unidades analíticas de algunas o todas las categorías, y que en el registro de unidades siempre estuvo presente la idea de poder apreciar las particularidades de las variables que se desea estudiar aquellos recursos en la epistemología introducidos que cuidaban asuntos como el primero, enfatizar en el método y la actitud por globalizar, o la relación continua y la consistencia, el segundo (incluso en un principio se pensó en ellas como posibles categorías). Las citadas variables han encontrado la manera de revelarse a través de algunas de las unidades analíticas que recogen los «modos» en el talante y la cognición de las categorías.

Así, derivadas de unidades, que poseen ciertas características entre las de las categorías, se dividen por conveniencia de la investigación en: *las que pueden decir algo en torno a las variables del enfoque que se desea investigar, y las que informan del curso de la investigación*, o muestran un fenómeno que se aprecia, sin haber sido esperado; informando de la dificultad, linealidad del conocimiento, los errores, etc., o atienden la necesidad de distinguir hasta qué punto la actuación ha dependido de factores externos, como el profesor-investigador.

Son exponentes de la primera consideración: G (Generalizar), I (Inclusores) y CC (Cambio Conceptual); de la segunda: F (Conflicto) y O (Inducción); en tercer lugar: T (Intervalo de tiempo entre ciertos eventos).

Subcategoría: Generalizar (G)

Fenómeno que *representa la aplicación de una estrategia que se cimienta en la Metodología general que utiliza la Física* para resolver lo que es el objeto de su estudio. También es muestra de un proceder que relaciona lo general y lo particular, y unifica esquemas. No obstante puesto el cuidado en la economía de los medios, que ha de dar utilidad a la propuesta curricular.

Unidades analíticas

- G_a: Recoge la alusión a los Principios del Método y su Paradigma, o a los recursos derivados del mismo.
 G_b: Se aprecia una actitud por relacionar lo particular con lo general, de articular los recursos conforme a alguna metodología.
 (Y en ambos casos, por ser importantes a la consistencia).

Subcategoría: Concepto inclusor (I)

Refleja la actitud en el conocimiento, que *tiende a relacionar significativamente cada estadio de una actividad, o cada concepto o recurso, con lo que se tiene por sabido*. Que no huye de la complejidad, a veces gratuita que ello requiere, pero que muestra que se mantienen a flote en el proceso de memorización, los ensambladores de unas ideas con otras; que de hecho la alusión no sea estrictamente necesaria a la consecución del caso, es característica que específicamente instruye y diferencia esta subcategoría.

Unidades analíticas

- I_a: Mención de algo que da sentido a un concepto o actividad, y que no es estrictamente necesario para resolver.
- I_b: Se hace referencia continua a los elementos que aunque superfluos, o triviales, esclarecen relaciones en el discurso, le dan continuidad, y comprensibilidad.

Subcategorías: Cambio Conceptual (CC) o (C); (P) es la subcategoría que implica un hecho opuesto en relación a CC: Cambio Conceptual

En sus dos acepciones (CC) y (C) representa, tanto la integración o adquisición de un concepto nuevo (como fenómeno que organiza y cataloga los eventos del mundo), o la de una nueva relación entre los mismos: postulado, o proposición causal, relacional o descriptiva; o la de un conjunto de proposiciones que son las teorías, y los recursos de actuación derivados de ellas.

En todo caso, compete a esta subcategoría cualquier conocimiento en torno a conceptos, esquemas, proposiciones o teorías.

Las diferencias entre las dos formas del modo, se debe al proceso por el que luego se van a comparar tipos «iguales», o más bien semejantes, en escenarios distintos; y hace necesario precisar el matiz que esta subcategoría tiene en cada uno.

Lo que caracteriza esta subcategoría -modo (C)-, es la de que se produce «adquisición de conocimiento nuevo», sea éste teórico, como: ideas, conceptos, declaraciones...; o de actuación: se relaciona, obtiene, representa; ahora, estos atributos, en los contenidos en el Paradigma actual o Relativista, modo (CC) implican no sólo conocer más, sino también «sustituir» esquemas, y conceptos que se tienen por «sabidos» y ahora han de ser reemplazados, casi «olvidados», bajo un trabajo añadido de supervisión y cambio. Los reajustes en la metodología y en las actitudes que esta pedagogía introduce, son el objeto de análisis interambiental, que equiparando los modos, contrasta si el nivel en la cognición entre ambos se aprecia similar, o diferente, y en qué manera se establecen las diferencias.

(P): registra el conflicto o error particular de la persistencia de los conceptos o esquemas que se quieren modificar o reemplazar, y éstos se ponen de manifiesto, es decir hay muestra de que no se ha conseguido su sustitución.

Unidades analíticas de (C) o (CC) y de (P)

- C_a o CC_a : Se aprecia conocimiento en torno a un esquema o concepto nuevo: (C); o bien además sustituye a otro: (CC).
- C_b o CC_b : Aprecia el uso de un recurso o concepto nuevo; o de un cambio conceptual (CC) del que se deriva la actuación, aunque no se explicita en la misma.
- C_c o CC_c : Recurso analítico.
- C_d o CC_d : (P) Esta unidad analítica representa el caso de hacer referencia al cambio conceptual que podría ser oportuno, pero que en su lugar se produce el conflicto o error que además da cuenta de la persistencia del constructo que debería haber sido sustituido, o configurado bajo otro esquema (CC_d) y que categoriza como (P), dada la importancia que en la instrucción por cambio conceptual tiene el evento negativo que señala que la misma se enfrenta a una situación que no supera a la hora de aplicar los nuevos constructos, y así se destaca con diferente sigla.

El caso C_d representa simplemente no utilizar el conocimiento de mayor complejidad bien en lo conceptual o el recurso, lo que categorizará como conflicto (F).

Subcategorías: Conflicto (F) e Inducción (O)

Refieren aquellos modos del proceso cognitivo que explican su trayectoria. La primera (F), procede de un factor interno, o subjetivo, que expresa en qué momentos el alumno se encuentra con un problema. La segunda (O), en cambio, aquellos otros en los que la actuación se genera de uno externo, o inducido generalmente por causa del profesor-investigador. (O): inducción es además un factor de control, ya que su conjunción con otras puede invalidarlas del modo que más adelante se explicita.

Subcategoría: Conflicto (F)

Describe la no linealidad del proceso, es decir, señala cuando el mismo se presenta a los educandos con poca claridad; la presencia de (F) da fe del encuentro de una dificultad que se expone al debate, o se critica; F representa con su frecuencia las dificultades, muchas o pocas, de acomodación y de acreditación, sobre todo útiles de señalar en el estudio en los nuevos conceptos.

Unidades analíticas

- F_a : Es una expresión de conflicto, en forma de error, confusión, poca adecuación del recursos al caso...
- F_b : Expresión de duda, silencio ante una cuestión...
- C_d : Conflicto asociado al uso de los recursos o conocimientos previos a la instrucción y que se han ampliado.

Subcategoría: Inducción (O)

Es la constatación de la intervención externa en el dato por parte del profesor, es decir, que se genera porque se repite algo, o se copia, o se intuye la respuesta en una réplica a lo que se dice. En primer lugar (O) permite visualizar los apoyos pedagógicos que se han dado a cualquier evento, y por otro matiza el alcance real de aquellos.

Esta subcategoría permite introducir como nota de campo las propias actuaciones del profesor-investigador como variable. (O) (inducción): en solitario no va a ser muestra más que de una pedagogía muy dirigida, donde el profesor simplemente conduce, o declara, con apenas base en el debate o la crítica. Sin embargo, su papel importante como tipo que hace indicaciones en el «cómo» de la trayectoria se revela, en su espectro más amplio, de las asociaciones con las otras categorías o subcategorías.

Así, esta subcategoría bajo unidades que se revelan de las particulares de otras, proporciona un dato sobre el límite de validez de cada una, o su autenticidad; además del peso en la inducción en el tipo en la enseñanza.

Unidades analíticas

Las unidades que representan coacción o ayuda se configuran: por un lado desde la nota de campo que da fe de un evento, por ejemplo (S) que en apariencia representa el modo y las circunstancias a su consecución, sugieren una categorización diferente, lo que ahora se describe:

Los tipos para categorizar en (O) comunes a los de otras categorías y subcategorías, hacen que éstas sean juzgadas por el dato en (O) a través del subíndice que lo menciona, y así según el caso categorizan de forma diferente: si el dato representa un logro cognitivo al presumirse inducido, pierde valor como tal y queda anulado categorizando solo (O); tal sucede con S, C y CC, que no forman parte del análisis axiológico cuando sus unidades llevan la asociación O: S_o, C_o y CC_o, es decir no categorizan. D como tipo que implica repetición no se ve anulado.

A, N, y además F: que son muestra de talante o de actitud por implicarse debatir, discrepar, etc., no se ven afectados por O como subíndice. M, sin embargo, categoriza como respuesta de cortesía o simple repetición cuando presenta el subíndice O, es decir se convierte en A.

Los tipos que representan las variables (I) y (G), que se presentan bajo unidades con la opción con (O), porque el dato que implica relacionar: (I), o aludir a la metodología: (G), puede haber sido motivado por la intervención externa, aunque (O) se produce como subcategoría que confirma la inducción, (I) o (G) también se consignan, dado que sí hay muestra de que dichas variables están presentes en la enseñanza-aprendizaje.

Por otro, (O) además es una unidad analítica que indica que, en general, el proceso está siendo conducido.

Así (O) como subcategoría, además de representar un tipo del perfil de la enseñanza, sirve para matizar el entorno de datos en que se configura.

Subcategorías: Intervalo de tiempo (TM) y (TL)

Se pueden considerar de segundo orden dado que, a su vez, se generan en unidades analíticas de otras subcategorías, que tienen alguna cualidad específica como un intervalo de tiempo «medio», desde la

instrucción (TM), o bien intervalo largo (TL). Las mismas se originan de las unidades específicas para las subcategorías (C) o (CC) y también (P).

Ambas dicen del intervalo temporal de determinados eventos, los relacionados con los cambios conceptuales desde la instrucción, lo que además implica que en ese intervalo hubo reiteración de la instrucción en el plazo medio se supone que no la ha habido; la instrucción inmediata al caso no se señala.

Estas subcategorías no fueron consideradas en un comienzo, luego inductivamente, a lo largo del proceso, se pensó eran un dato importante, además representan en sí un tipo que parece, no obstante, condición de entorno por el modo en que se usarán en el análisis para el que se han creado, representan un factor del aprendizaje: el de la acomodación y ajuste del conocimiento en función del tiempo.

Grabaciones del ambiente patrón

Martes 31 de Octubre de 2000

Hora: 12:10

(Se está tratando el bloque temático que refiere el movimiento de objetos sometidos a un campo de fuerzas como el gravitatorio, y tras haber ya enunciado las leyes de Kepler, ahora se van a relacionar con las leyes fundamentales de la dinámica y del movimiento; luego se partirá de las mismas a fin de establecer las dependencias de parámetros como: la velocidad y la energía de los cuerpos en órbita).

- P. «...tercera ley de Kepler..., teníamos...».
- 1 [MD[IO]] A. «Radio al cubo partido por T^2 igual a constante». (Varios). ($M_a D_b (I_o)$)
P. «Sí, pero ahora vamos a deducir otras expresiones desde las leyes de la dinámica y que llevan a la de la velocidad de los cuerpos en órbita..., $v=...$ ».
- 2 [AD[C]] A. «Raíz de G por M partido por r». (Varios). ($M_o D_b (C_b)$)
P. (Se aclara en un esquema que se trata de la de un planeta). «Y r es...».
- 3 [A[IF]] A. «Del planeta». ($M_o (C_d I_b)$)
P. «¿Seguros?».
- 4 [MS[C]] A. «De órbita». (Varios). ($M_c S_b (C_b)$)
P. «No confundir R con r». (Se escribe). «...partimos para su cálculo de...».
- 5 [MD[G]] A. «Fuerza central igual a m por v^2 partido por r». (Se va escribiendo). ($M_a D_b (G_b)$)
P. «¿Y F_c tiene alguna forma particular?».
- 6 [AS[G]] A. (Se va escribiendo). «G por M por m partido por r al cuadrado». (Varios). ($M_o S_b (G_b)$)
P. «Y v escrita de otra forma en que intervenga algún elemento de la 3ª Ley...». (Se escribe $2\pi r$ y fracción).
- 7 [AO[I]] A. «Período». ($M_o S_b O (I_b)$)
P. «Para r de un movimiento circular». (Se sustituye y se hacen operaciones). «Y da...».
- 8 [MD] A. «G por M partido $4\pi^2...$ ». (Varios). ($M_a D_a$)
P. «Como todo es constante, esto es constante...».
- 9 [AD] A. «Sí». ($M_o D_a$)
P. «¿Son planetas alrededor del sol..., y qué es M? M es...».
- 10 [MS[IC]] A. «Del sol». (Varios). ($M_a S_b (I_a C_a)$)
- 11 [M][M[F]] A. «Del planeta». ($M_b (F_b)$)

- 12 [MS] P. «Vamos a ver; al principio... de las fórmulas...».
 A. «Del sol». (Otros). ($M_b S_b$)
 P. (Se señala de dónde viene). «...masa del sol o cuerpo alrededor del cual se...».
- 13 [MO[G]] A. «Gira». ($M_c S_o (G_b)$)
 P. «Cuando la usábamos para calcular el año marciano en función de datos de la Tierra...» (se escribe $r_T^2/T_T^2 = r_M^3/T_M^2$) «...daba dos años terrestres».
 P. «¿Podríamos calcular ahora la masa del sol?».
- 14 [MO] A. «Sí». (Varios). ($M_c S_o$)
 P. «Desde...».
- 15 [MS] A. «Sí». (Y señalan la anterior). ($M_c S_b$)
- 16 [M][MS[GI]] A. «¿Podemos usar los datos de cualquier planeta?». ($M_b S_b (G_b I_b)$)
 P. «Sí, del que dispongamos».
- 17 [M[I]] A. «¿La masa del sol es variable, no?». ($M_a (I_b)$)
 P. «¿En qué sentido?».
- 18 [M][M] A. «Que se gasta». (M_b)
 P. «Sí, en relación a nuestros parámetros pierdo mucha, pero en el tiempo nos quedan muchos millones de años..., creo».
 A. (Comentan).
 P. «Ahora vamos a pasar a la página 73 del libro, seguimos con el asunto de la energía potencial en el campo gravitatorio, el ejercicio más corriente; energía para subir un satélite, de masa m, y llevarlo desde... (se dibuja), a su órbita, no digo ponerlo en órbita; ¿hay diferencia, por ejemplo, si $h=2R^T$? ¿Cuál es la diferencia de decir 'en una órbita' a 'en órbita'?».
- 19 [M[ICO]] A. «Que es que es una órbita, es en ese punto». (Varios). ($M_a (I_b C_b O)$)
 P. «Eso es..., y si digo en órbita...».
- 20 [MS[C]] A. «Hay que dar una velocidad». (Algunos). ($M_a S_a (C_b)$)
 P. «¿Y qué velocidad?».
- 21 [M][MO[I]] A. «La de antes». (Muchos). ($M_b D_b O (I_b)$)
- 22 [MD[G]] A. «La de los cuerpos en órbita». ($M_a D_b (G_b)$)
 P. «De acuerdo; hay que dar una energía en función de la velocidad». (Se escribe $v=...$).
 P. «¿Qué M?».
- 23 [MS[C]] A. «La de la Tierra». ($M_a S_a (C_a)$)
 P. «Ya se ve..., que ya no se equivocan. ¿Qué expresiones serán las oportunas?».
- 24 [MD[C]] A. «Menos G por la masa partido por r, radio...». (Varios). ($M_c D_b C$)
 P. «El origen para esa expresión, se toma (se señala) en el infinito, pero ahora estamos en la superficie del planeta, y nos movemos desde allí (se va escribiendo: $E_p = E_{p_B} - E_{p_A}$...), lo que en términos de trabajo se escribe la integral de...».

- 25 [MS[GC]] A. «Menos trabajo, o por G por M por m y dividido...». ($M_a S_b (G_a C_a)$)
[M][MD] A. «Dividido por r^2 ». ($M_b D_b$)
P. «¿La dirección de diferencial de r ?». (Se señala).
- 26 [MS[CO]] A. «Contraria a la fuerza (o F)». ($M_a S_a (C_o)$)
P. (Y a qué es igual). «¿La integral?».
- 27 [M][MD[CTL]] A. (Se va escribiendo). «Partido por r ». (Muchos). ($M_b D_a (C_a T_1)$)
P. «Ahora hay que poner límites».
- 28 [MS[GCTL]] A. «¿No es del punto uno al dos?». ($M_a S_b (G_b C_b T_1)$)
P. «Sí, pero hay que poner el valor de la variable en esos puntos, que es...», (Se señala; se ponen los límites y se opera). «El negaivo es menor..., da positivo, ¿es consecuente?».
- 29 [M[F]] A. «No». ($M_c (F_b)$)
P. «¿Creen que va solo?».
- 30 [A[I]] A. «Sí». (Varios, que se refieren a la pregunta de si es consecuente el valor positivo de la energía). ($M_o (I_b)$)
P. «Se ve que la mayoría dice que sí; es verdad, ya que así el trabajo es negativo».
- 31 [MS[CG]] A. «El trabajo negativo..., ¿nos cuesta a nosotros?». ($M_c S_b (G C_a T_1)$)
P. «Sí».
- 32 [M] A. «¿Cómo sería un problema de examen?». (M_c)
P. «Bueno, yo añadiría que qué energía hace falta además para ponerlo en órbita y teniendo en cuenta la de rotación de la Tierra, que está girando...».
A. «¿Lo vas a poner?».
P. «Bueno, ¿qué pensáis?, y cuidado de si se pregunta por el trabajo o por la energía; si es trabajo es negativo, pero nos va a 'costar'».
- 33 [MS[G]] A. «Energía cinética». ($M_a S_b (G_b)$)
P. «Para esa órbita, condicionada por...».
- 34 [M[GC]] A. «La velocidad». ($M_a (G_a C_a)$)
P. «Que en esa órbita...».
- 35 [MD[IO]] A. «Raíz de G por M partido por r ». ($M_c D_b (C_o I_b)$)
P. «¿Y M?». (Se señala).
- 36 [A[ICO]] A. «De la Tierra». ($M_o (I_o)$)
P. «Si tengo en cuenta la rotación de la Tierra, pondría restando la energía cinética que... (se escribe $1/2 \cdot mG \cdot M/r$), ¿y r qué es?».
- 37 [M][MD[F]] A. «¿Por qué pone..., si v es al cuadrado?». ($M_b D_a (F_b)$)
P. «Porque si v está al cuadrado...». (Se anula la raíz).
- 38 [M] A. «Claro». (M_c)
P. «¿Y r cuál es?».
- 39 [MS[IC]] A. «Radio de la Tierra (o R_T) más h ». (Varios). ($M_a S_a (I_a C_a)$)
P. «Eso es: es el radio de órbita».

(Se para la cinta). (Fuera de grabación aún se pregunta).

- 40 [M[FPITM]] A. «¿No es M_T en la energía cinética?». ($M_a (F_a C_d I_b T_m)$)
P. «¿Quién es el que tiene la velocidad de esa energía?».
- 41 [MS[G]] A. «El cuerpo m». (Varios). ($M_a S_a (G_b)$)
- 42 [M][M[I]] A. «Ah, claro, es la del satélite». ($M_b (I_b)$)

(Y se finaliza con un repaso de los signos en el cálculo de la integral antes de borrar).

Fin de la clase

Jueves 2 de Noviembre de 2000

Hora: 12:10

(Se comienza la clase tratando el aspecto teórico que recoge la experiencia de Cavendish para medir G, con el micrófono cerrado, y de hecho no hay comentarios). (Se graba).

- P. (Se va a estudiar el caso del campo específico gravitatorio de la Tierra).
«¿Su expresión para un r y masa concretas?».
- 1 [MD] A. «g». ($M_a D_a$)
- 2 [MD[I]] A. «G por M_T dividido por R_T^2 ». ($M_a D_a (I_b)$)
P. «Y el caso de la energía potencial, de subir a h (altura) un objeto, donde tiene un valor concreto...».
- 3 [AD] A. «9,8». ($M_o D_b$)
P. «Un objeto, por ejemplo de masa m, y que es caso de fuerza constante, ¿qué escribo? $E_p = \dots$ ».
- 4 [MD[G]] A. «Menos». ($M_a D_a (G_b)$)
P. «¿F qué vale?».
- 5 [MD[I]] A. «Eme g». ($M_c D_a (I_b)$)
P. «¿La dirección?».
- 6 [MS[IO]] A. «Menos». (Comentan). ($M_a S_c (I_o)$)
P. «¿Y luego?».
- 7 [M[FTMP]] A. (Dudan, comentan). ($M_c (F T_m C_d)$)
P. «Es trabajo, luego escribo: integral...».
- 8 [M[GC]] A. «Ah, claro». (Varios). ($M_a (G_b C_b)$)
P. «...».
- 9 [MS[GC]] A. «Por diferencial de r». (Varios). ($M_a S_a (G_b C_b)$)
P. «Y por...».
- 10 [MD[IOTL]] A. «Coseno de...». ($M_c D_b (I_b T_1 O)$)
- 11 [M[F]] A. «Uno». ($M_c (F_b)$)
- 12 [M][MD[O]] A. «Menos uno». ($M_b D_b (I_o)$)
P. «Bueno, bien, es de 180 grados».
P. «¿Qué falta?».
- 13 [M[GC]] A. «Límites». ($M_a (G_a C_b)$)
P. «¿De qué? ¿Cuál es la variable?».
- 14 [MS[GTL]] A. «De diferencial de r». (Algunos). ($M_a S_a (G_a T_1 C_b)$)
P. «¿Dónde..., o cómo?». (Se señala).
- 15 [MO[I]] A. «h». ($M_c S_o O (I_b)$)
P. «¿de cero a h? En la superficie la altura vale...».
- 16 [MD[I]] A. «Cero». ($M_a D_b (I_b)$)

- 17 [M] P. «Otra forma...».
A. (Comentan). (M_o)
P. «¿O de R_T a R_T más h?»
- 18 [AS[GO]] A. «Sí, también». (Varios, comentan). ($M_o S_a (G_b O)$)
P. «Menos por menos».
- 19 [AD] A. «Más». (Varios). ($M_o D$)
P. «Resolvemos. ¿Cuál es la integral?».
- 20 [MS[C]] A. « $1/r$ ». ($M_a S_a (C_b)$)
P. (Se escribe y resuelve). «Hemos llegado al resultado y da...».
- 21 [MD[G]] A. «Positivo». ($M_a D_a (G_b)$)
P. «¿Coincide con lo del otro día, que para un satélite daba...?».
- 22 [M[IF]] A. «Negativo». ($M_a (I_b F)$)
- 23 [M[C]] A. «Positivo». (Varios). ($M_a C_b$)
- 24 [M] A. «No». (Algunos). (M_o)
P. «Da positivo..., ¿de acuerdo?».
A. (Comentan, algunos asienten).
- 25 [M][MS[GC]] A. «Sí, positivo, nos cuesta». ($M_b S_a (G_a C_a)$)
P. «Recuerden cuando vamos del planeta a una altura, da...». (Estamos hablando de la E_p).
- 26 [AD[I]] A. «Positivo». ($M_o D (I_b)$)
P. «Pero si fijamos el cero en el infinito, ¿para qué el mismo caso?».
- 27 [MS[I]] A. «Negativo». (Varios). ($M_a S_a (I_b)$)
P. «En el mismo punto puede ser positivo o negativo según el origen, ¿sí?».
- 28 [MO[G]] A. «De acuerdo». ($M_b S_o (G_b)$)
P. «En el campo eléctrico sólo se fija como cero el infinito».
- 29 [M[IFP]] A. «¿Qué vale g en el punto alto?». ($M_a (F I_b C_d)$)
P. «Estamos considerando que h es muy pequeña y que g no varía».
- 30 [M][M] A. (Algunos le recriminan por decir que g varía). (M_b)
P. «Pero si es muy alto (el satélite), ¿recuerdan qué vale?».
- 31 [MD[C]] A. «g= menos G por M_T dividido por R_T^2 ...». (Varios). ($M_a D_a (C_a)$)
P. (Y se escribe $E_p = \dots$, desde algún paso escrito en el encerado).
- 32 [M][MD] A. «-G por M_T partido R_T ». (Y se añade el símbolo de los límites). ($M_b D_a$)
P. «¿Por qué?» (O de dónde viene).
- 33 [MS[CO]] A. «De $-1/r$ ». ($M_a S_a (C_b)$)
P. «Y al sustituir límites...».
- 34 [MS[C]] A. «De R_T a R_T más h». ($M_a S_b (C_b)$)
P. «Y menos por menos..., etc. ¿Cómo afecta el signo negativo a la integral?». (Como en el anterior caso).
- 35 [M][MD[GI]] A. «Debe dar positivo porque el trabajo es negativo». ($M_b D_a (G_a I_b)$)

- P. «Sí, pero debe darle la expresión». (Se sustituyen los límites). «¿Cuál de los términos (el paréntesis) es más grande?».
- 36 [MD[IO]] A. «El primero». (Muchos). ($M_a D_b (I_o)$)
P. «¿Cuál?» (Es por confusión que se insiste).
- 37 [MS[I]] A. «El primero». (Pero ya dudan). ($M_a S_b (I_b)$)
P. (Reviso los cálculos, pero insisto).
- 38 [MI] A. «No, es el primero». (Comentan). (M)
- 39 [M][M[I]] A. «El término es más pequeño». ($M_b (I_b)$)
P. «Es verdad, estoy obcecada... Bueno, así da un resultado positivo como se quería verificar, el menos se anula ahora». (Comparando el caso con el de g constante), «al sustituir ahora los límites en el denominador...».
A. (Comentan).
- 40 [MS[G]] A. «Si g no es constante, se hace de este modo, claro». ($M_a S_a (G_a)$)
- 41 [M] A. «Sí...». (Varios asienten). (M_c)
P. (Se indica que como caso particular existen expresiones para g a cierta altura y se indica). «Ver página 42».
- 42 [M] A. «Página 31». (Rectifican). (M_c)
P. «Se ve cómo se trata g a una altura h después de hacer las aproximaciones útiles escribiendo g en función de g_0 ». (Se escribe la expresión).
P. «Usamos dicha ecuación para calcular la velocidad, por ejemplo, de un satélite...». (Se propone el problema 14 del libro).

Fin de la clase

Lunes 6 de Noviembre de 2000

Hora: 9:10

(En lo que se instalan, se enuncian los apartados teóricos que se van a ver y las páginas en que se encuentran. Conceptos como el de circulación, que representa el trabajo, y el de flujo).

- P. «El flujo». (Se escribe como $E \cdot S$: producto escalar): «¿Si E es variable, cómo se resuelve?».
- 1 [M[GCTL]] A. «Integrando». ($M_a (G_b C_b T_l)$)
P. «¿Y los demás?».
- 2 [M[IO]] A. «Sí, sí». (Varios). ($M_a (I_o)$)
P. «Ese es el procedimiento, de acuerdo con que la integral es igual a una suma de productos infinitamente pequeños».
P. «¿En qué se medirá el flujo?».
- 3 [M[F]] A. (No se aventuran a contestar, observan). ($M_c F_c$)
P. «Aclaro: el campo eléctrico».
- [A] A. «...». (M_d)
P. «E, como intensidad, ¿qué es? Alicia, por ejemplo».
- 4 [A][F] A. «¿Voltios?» ($M_o (F_a)$)
P. «Eso es el potencial. ¿Ismael?».
- 5 [AD[G]] A. «Fuerza por unidad de carga». ($M_o D_b (G_b)$)
P. «De acuerdo». (Se va escribiendo).
- 6 [MD[I]] A. «Newtons partido por Culombio». (Varios). ($M_a D_b (I_b)$)
P. «¿Y por?».
- 7 [AD] A. «Metro cuadrado». ($M_o D_b$)
P. «El flujo es además importante en el teorema de Gauss, donde...». (Se enuncia y se escribe; no se va a desarrollar más ya que está fuera del programa).
P. «¿Y si fuese el campo gravitatorio, qué pondría aquí?».
- 8 [MS[G]] A. «Suma de masas». ($M_a S_b O (G_b)$)
P. «Por la constante, ahora G, y por 4π que no se anula en el gravitatorio; la expresión sirve para calcular intensidades de campo para distribuciones de cargas y de masas. Un ejemplo típico es el del campo gravitatorio terrestre en el que la Tierra se trata como una masa puntual, pero en realidad la Tierra es una esfera».
- 9 [M] A. «¿Ah, sí?» (M_c)
P. «Imaginábamos».
- 10 [M[IO]] A. «Que toda la masa está en el centro». ($M_a (I_o)$)
P. «Me refiero a que la masa es...». (No está bien preguntado, sería 'la masa se compone de...').

- 11 [A[I]] A. «Un punto». ($M_o (I_b)$)
P. «¿Cómo realmente debería calcularse g? ¿Qué debo hacer con la esfera, o qué se les ocurre? David...».
- 12 [M] A. (Ríen, está medio dormido). (M_c)
P. «Tengo una distribución de muchas..., ¿masas puntuales?».
- 13 [M] A. «Sí». (M_c)
- 14 [A[IF]] A. «Juntarlas». (Una). ($M_o (F I_b)$)
P. «Lo que puedo hallar es de...».
- 15 [MS[GTL]] A. «De un punto». (Varios). ($M_a S_b (G T_l)$)
P. «...el campo de cada una y luego la conjunción de infinitos campos de las infinitas masas» (está escrito dq).
P. «Pero es lo que se hace, mejor aplicando Gauss que da la solución que usamos, pero como primer proceso, ¿qué haríamos?».
- 16 [M][MS[IO]] A. «La suma». ($M_a S_b (I_o)$)
- 17 [MS[CG]] A. «La integral». ($M_a S_a (C_b G_b)$)
P. «Sería el proceso. Ahora el Teorema de Gauss lo simplifica y nos dice que la Tierra se porta como una masa puntual en su centro, y lo mismo una esfera cargada hueca o maciza..., es algo que ahora calculamos, no que declaramos».
P. «Pero ahora, ¿dentro de un pozo?». (Se dibuja con $r < R_T$). «¿Cómo se calculará g?».
P. «Fuera, por ejemplo $r > R_T$ al acercarnos a R_T , ¿crece o decrece?».
- 18 [MS[IO]] A. «Crece». ($M_a S_b (I_o)$)
P. «Cierto, pero si $r < R_T$, ¿qué pasa? Bueno, pues es lo que vamos a ver, que g es menor, de hecho por Gauss $g = \dots$ (se ve), las masas del interior (se han encerrado en la esfera de radio r) son las que influyen (se señala la página donde se menciona), el campo depende sólo de las masas encerradas en la superficie de Gauss y ahora calculamos éstas a través de la densidad... (se escriben los pasos)».
P. «Para terminar, desde los nuevos conceptos -página 56-, a definir de otro modo lo que es un campo conservativo (se dibujan los dos caminos I y II) a través de la circulación. ¿Recuerdan? Si vamos de I a II...».
- 19 [MS[GC]] A. «Que da lo mismo un camino que otro». ($M_a S_a (G_a C_a)$)
P. «Eso es, que el trabajo no depende del camino».
P. «¿Y a qué es igual la circulación o trabajo, en un campo conservativo, a través de una línea cerrada?».
- 20 [MS] A. «A cero». (Varios). ($M_a S_a$)
P. «Si es (trayectoria) cerrada de I, volvemos a I, volvemos al punto, el trabajo es cero».
P. «Ya demostramos que el gravitatorio y el eléctrico lo eran. ¿Por qué? ¿De qué dependían?».

- 21 [M[CI]] A. «De r o distancia». (Varios). ($M_a (C_b I_b)$)
 P. «De acuerdo; por ello sólo el trabajo depende del lugar».
 P. «Y por último, vemos la relación entre el campo y el potencial».
 P. (Se señala la página del libro). «Representamos el campo de fuerza por...».
- 22 [FTM] A. (Silencio, dudan). ($F_c T_m$)
- 23 [A[CO]] A. «Líneas». (Algunos). ($M_o (C_o)$)
 P. «Que son las líneas...».
- 24 [F] A. (Dudan). (F_c)
- 25 [AD[GO]] A. «¿Tangentes?». (Apenas se oye). ($M_o D_b G_o$)
 P. «Eso es, tangentes, porque así lo hemos querido; y además, E representa por asignación...».
- 26 [FTM] A. (Dudan). ($F_c T_m$)
- 27 [MD[CO]] A. «El número de líneas...». ($M_c D_b (C_b O)$)
 P. «Que atraviesan...».
- 28 [A[IO]] A. «La superficie». ($M_o (I_o)$)
 P. «Unidad».
 P. «Y para representar ahora el potencial, usaremos las superficies equipotenciales..., como las que son perpendiculares...».
 P. (Se dibuja la Tierra y una altura h sobre su superficie). «¿Recuerdan cuál es la energía potencial a una altura h?».
- 29 [MD] A. «mgh». ($M_c D_b$)
 P. «¿Y el potencial?».
- 30 [MD[G]] A. «g·h». (Alguno). ($M_a D_b (G_b)$)
 P. «¿Cómo será la superficie equipotencial?».
- 31 [MSG] A. «De igual h». ($M_a S_a (G_b)$)
- 32 [M][MS[I]] A. «A la misma altura». ($M_b S_b (I_b)$)
 P. «Esas son las superficie equipotenciales».
 P. «Y ahora (se dibuja) para una carga posterior, ¿cuál es su potencial?».
- 33 [A][C] A. «Positivo». ($M_o (C_b)$)
 P. «¿Y su expresión?».
- 34 [MD] A. «k por q». ($M_a D_b$)
 P. «Dividido...».
- 35 [AD[C]] A. «r». ($M_o D_b (C_b)$)
 P. «Luego son a igual r». (Se muestra el dibujo). (Se termina la cinta).
- 36 [M[FI]] A. (Sin grabar). «Circunferencias». ($M_a S_o (F I_b)$)
 P. «¿Y en 3D?».
- 37 [MDO] P. «Esferas». (Varios). ($M_c D_o$)

Fin de la clase

Martes 7 de Noviembre de 2000

Hora: 12:10

(Se sitúa el contenido que se va a ver en la continuación al estudio de la relación entre campo y potencial; se repite el dibujo de las superficies equipotenciales. Se graba).

- 1 [M[I]] P. (Se dibuja una carga +). «Las líneas de fuerza son radiales y...».
A. «Hacia fuera». ($M_a S_b O (I_b)$)
P. «Vamos a ver la relación entre E y V, ¿cuál creen que es la diferencia de potencial entre dos puntos de la superficie equipotencial?». (Señalan).
- 2 [MS] A. «Cero». ($M_a S_b$)
- 3 [M[IO]] A. «Sí». ($M_c (I_o)$)
P. (Se escribe $V_A - V_B = \int F/q$ y por dr). «¿Está bien escrito?». (Se refiere a los signos y a los límites).
- 4 [MD[GO]] A. «Sí». (Varios). ($M_b D_a (G_o)$)
P. «¿Qué es F partido por q?».
- 5 [M[C]] A. «La intensidad». ($M_a (C_b)$)
P. «Es una superficie equipotencial, esto vale cero».
- 6 [A] A. (Asienten). ($M_o S_o$)
P. «Y dr, ¿es cero?, la distancia».
- 7 [MS[I]] A. «No tiene por qué». ($M_a S_a (I^b)$)
P. «¿Y el campo E, es cero?».
- 8 [A[F]] A. «Sí». ($M_o (F_b)$)
P. «¿Seguro?».
- 9 [M][MS] A. (Risas). «No, no». (Varios). ($M_b S_a$)
P. «Entonces, ¿qué es cero?».
- 10 [MD[F]] A. «El seno». ($M_a D_b (F_b)$)
P. «¿El seno?».
- 11 [MD[C]] A. «El coseno». (Varios). ($M_a D_a (C_b T)$)
P. (Se dibuja el campo y dr y el ángulo que forman). «El ángulo es...».
- 12 [M[F]] A. «Cero». ($M_c (F_b)$)
- 13 [MO] A. «Noventa». ($M_c D_o$)
P. (Se señala). «La superficie y las líneas forman...».
- 14 [A[IO]] A. «Noventa grados». ($M_o (I_o)$)
P. «Las líneas de fuerza son perpendiculares...».
- 15 [MS[G]] A. «A las equipotenciales». ($M_a S_b (G_b)$)
P. «Las superficies equipotenciales en el ejemplo son esferas, ¿y las líneas?».
- 16 [MD[I]] A. «Radiales». ($M_c D_a (I_b)$)

- P. «Vemos el ejemplo de dos cargas positivas. ¿Cómo lo dibujaremos?». (Se refiere al campo). «Hacemos el seguimiento de...».
- 17 [M[GO]] A. «Una carga». ($M_a (G_b O)$)
P. «¿Cómo?».
- 18 [A[I]] A. «Puntual». ($M_o (I_b)$)
P. «Positiva o negativa».
- 19 [M[G]] A. «Positiva». (Varios). ($M_c (G_b)$)
P. «Positiva». (Se comienza a dibujar). «¿Es repelida por los dos?».
- 20 [AS] A. «Sí». ($M_o S_b$)
P. «¿Podemos cualitativamente pensar que es así? ¿Y cuantitativamente?».
- 21 [MS[GC]] A. «La resultante». (Varios). ($M_a S_a (G_a C_b)$)
P. «Luego, la tangente será la línea». (Se dibujan). «¿Y cómo serán las superficies en cada punto?». (Se señala).
- 22 [MD[GO]] A. «Perpendiculares». ($M_a D_b (G_o)$)
P. «Se dibuja y se ve...».
- 23 [M][M] A. «Es forma de huevo». (Risas). (M_b)
P. «No exactamente». (Se dibuja y se ve. Se hace una pausa y se continúa con el aspecto teórico).
P. «Otra forma de expresar la relación entre campo y potencial; imaginamos una diferencia de potencial pequeña, es decir dV igual a menos integral de E/q por dr ...». (Se escribe).
- 24 [A] A. (Copian en silencio). (M_d)
P. «No, hay algo que no esté bien... Si pongo integral de..., y el trabajo es infinitamente pequeño, ¿no sobra la integral?».
- 25 [MS] A. «Ah, sí». (Casi no se oye). ($M_c S_b$)
P. «Debe ser $dV = -E dr$, que es ya una primera relación, pero lo escribimos de otra manera: $E = dV$ dividido por diferencial de r , que se escribe como vector, lo que se llama gradiente de V ».
P. «¿Y qué es V ?».
- 26 [M[ICTL]] A. «Escalar». (Varios). ($M_c (I_b C_b T_l)$)
P. «¿Y E ?».
- 27 [M[ICO]] A. «Vector». (Varios). ($M_c (I_o C_b)$)
P. (Se ratifica que así es, que la derivada respecto a vector de V es un vector y se representa por (la letra) nabla (vector). «Ejemplos de gradientes..., por ejemplo el de temperaturas...» (que varía hacia la ventana con la distancia).
- 28 [M] A. (Hablan entre ellos y asienten). (M_c)
P. « dr es vector y tiene...».
- 29 [MD[C]] A. «Dirección y sentido». ($M_a D_b (C_b)$)
P. «A ver, más técnico: tiene proyecciones, es tridimensional».
- 30 [MS[CG]] A. «Componentes». ($M_a S_b (G_b C_b)$)

- P. «Como la derivada de V» (y se escriben en función de las derivadas parciales) «S equivale a d».
- 31 [F] A. (No comentan). (F_c)
P. «Si las componentes de r son x, y, z».
P. «Vemos el problema del libro, el dos, página... Dado $V = \dots$, ¿qué vale E?».
- P. (Se sigue). «E como derivada...». (Se hace el cálculo). «Al derivar respecto a una variable, a las otras se les considera constantes».
- 32 [M[F]] A. (Comentan). ($M_c F_c$)
P. «¿Está bien?».
- 33 [MS[C]] A. «4y». (Rectifican). ($M_a S_b (C_b)$)
- 34 [M[IF]] A. «2y». (Varios). ($M_a (F I_b)$)
- 35 [M][MD[C]] A. «z, es que es al cubo». ($M_b D_b (C_a)$)
P. «Ah, bueno. Es que he copiado mal el enunciado. Justamente..., y éste es el vector campo, y he cometido otro error...».
- 36 [MS[CGTL]] A. «¿La i?». (Varios). ($M_a S_b (C_a G_a T_i)$)
P. «Correcto». (Se borra). «V es un escalar y no debe llevar vectores. ¿Y E?».
- 37 [MD[I]] A. «Sí, porque es vector». ($M_a D_a (I_a)$)
P. «...bien que vean fallos».
- 38 [M][MD[I]] A. «En el libro el resultado da al revés». ($M_b D_a (I_a)$)
P. «Ah, claro. Es que he olvidado el menos que cambia todos los signos, ya que por definición es menos trabajo».
P. «Ahora, ¿cuál sería el problema inverso? Por ejemplo, el uno del libro..., pide calcular V desde E, es decir, ahora se...».
- 39 [MSO[G]] A. «Integra». ($M_a S_b O (G_b)$)
P. «Que en los textos se suele representar por la letra nabla».
- 40 [M[F]] A. «¿Qué?». ($M_c F_c$)
P. «Nabla». (Se menciona qué es lo que se llama un operador y su forma como vector, se escribe).
- 41 [MD[F]] A. «¿Por qué hay un menos?». ($M_a D_b (F_a)$)
P. (Se señala la expresión de origen. Se cierra la grabación y se dictan problemas). (Se trata de masas en un triángulo y calcular el campo en el medio. Se hace un esquema). (Se abre).
P. «Lo dibujamos masa a masa, ¿el que crea m_1 ?». (Se señala).
- 42 [MS[GCTL]] A. «Hacia m_1 ». (Varios). ($M_a S_a (G_b C_b T_i)$)
P. «El de m_2 ...».
- 43 [M[IO]] A. «Hacia m_2 ». ($M_c (I_o)$)
P. «Y m_3 ...».
- 44 [MO] A. «Hacia m_3 ». ($M_c D_o$)

- 45 [M][MS[C]] P. «¿Qué da? Son iguales».
 A. «Nulo». (Risas, varios). ($M_b S_a (C_b)$)
 P. «Resultado cero como de 3 cuerdas de las que se tira. ¿Y si son diferentes?».
- 46 [M][MS] A. «No da cero». ($M_b S_b$)
 A. «Cualquier...».
 P. (Se dicta otro, el de que: ¿en qué punto el campo entre la Tierra y la Luna es cero? Datos: masa de la Luna...).
- 47 [M][IF] A. «¿De centro a centro?». ($M_a (I_a F_b)$)
 P. «Sí». (Se señala el esquema). «¿Les parece que existe realmente un punto en que sea nulo, o donde sea igual...?».
- (Se ha parado la cinta).
- 48 [MS] A. «Cerca de la Luna». (No se graba). ($M_c S_b$)

Fin de la clase

Miércoles 8 de Noviembre de 2000

Hora: 9:10

(Se hace un problema señalado días antes: el de calcular un peso en Júpiter, conocidos los datos directos de planeta y la masa, que es 80). (Se graba).

- P. «¿mg será= a G por M por m partido R²? ¿Y esto?». (Se señala el final).
- 1 [MS[ICO]] A. «Gravedad en Júpiter». ($M_a S_b (I_b C_o)$)
P. «Es el peso; ¿cuál es la masa m?».
- 2 [MD] A. «80». ($M_c D_b$)
P. «¿Y en función de los datos de la Tierra (si se trata de la Luna), si nos dan $M_T = M_L \cdot 81$ y $R_L = R_T/4$?».
- 3 [MD] A. «Un cuarto». ($M_a D_b$)
A. «Sí, es eso». (El dato).
P. «¿Cómo se resuelve?».
- 4 [MSO[I]] A. «Dividimos la masa de la Luna en función de la de la Tierra y el radio...». ($M_a S_b O (I_b)$)
P. «Dividimos por la gravedad en la Tierra».
P. (Se hace).
P. «La g en la Tierra...».
- 5 [MD] A. «6,6. No, no: 9,81». ($M_a D_b$)
P. «Se hace..., da...».
- 6 [M][MD] A. «0,2 por 9,81». (Varios). ($M_b D_b$)
P. «Aproximadamente: dos...».
- 7 [M] A. «1,9». (M_c)
P. «¿Y qué pesa m?».
- 8 [MS[G]] A. «...por 1,9». ($M_a S_b (C_b)$)
P. «Hacemos el siguiente». (Pendiente, se dibuja, es el del triángulo con masa en los vértices iguales, se pide el campo en el centro).
P. «Lo discutimos, y sabíamos el resultado».
- 9 [MS] A. «Se podía prever». ($M_a S_b$)
P. «Pero siempre hay que calcularlo..., y el (campo) de cada una, en este caso que es mg..., son...».
- 10 [MS[IO]] A. «Vectoriales». ($M_c S_b (I_o)$)
P. «Y hay que hallar los componentes y tratarlo así..., para cada uno que se crea..., y que... (se señala en el esquema) $r = \dots$ ».
- 11 [MD[C]] A. «l medios entre coseno de 30». (Se escriben los valores de g_1 , g_2 y g_3 , y se dibujan). ($M_a D_a (C_a)$)
P. «¿Cómo calculamos el total?».
- 12 [AP[TM]] A. (Silencio y comentan). ($M_o C_d (T_m)$)

- 13 [MS[GO]] P. «Lo pondremos en función de sus...».
A. «Componentes». (Casi no se oye). ($M_c S_b (G_o)$)
P. « g_{1x}, g_{1y}, \dots ». (Se dibujan). «¿Y $g_i = \dots$?».
- 14 [MD[C]] A. « $g_1 = g_{1x}$ ». ($M_a D_b (C_b)$)
- 15 [MS[GC]] A. «Por i». ($M_a S_b (C_b G_b)$)
P. «Más g_{1y}, \dots ».
- 16 [MD] A. «Por k». ($M_a D_b$)
P. (Se siguen escribiendo). «¿El total?».
- 17 [MD[G]] A. «Se suman las x». ($M_a D_a (G_a)$)
- 18 [M][MS[I]] A. «Se suman las g_{1x}, g_{2x} y g_{3x} ». (Varios). ($M_b S_b (I_b)$)
- 19 [MD[G]] A. «Lo mismo para g_y, \dots ».
P. «Que es el procedimiento general: desglosar en componentes y sumar». (Se dibuja).
- 20 [M[G]] A. «Ah, sí, claro». ($M_b (G_a)$)
P. «¿Y para g_3 ?».
- 21 [MS] A. « g_{3x} es cero». ($M_a S_a$)
P. «¿Y la y?».
- 22 [MD[I]] A. « g_3 ». ($M_c D_b (I_a)$)
P. «Es decir: $60G$, y ahora sumo lo que da...».
A. (Comentan).
P. «¿Son...?, y da...».
P. «...que vale $2 \cdot 60G$, ¿seno de 30 ?».
- 23 [MD] A. «Un medio». ($M_c D_b$)
- 24 [M] A. «Sí». (M_c)
P. «¿Y qué vale g_{1x} ?».
- 25 [MD[GO]] A. « g_q por el coseno». ($M_a D_b (G_o)$)
P. «¿Sí?».
- 26 [M[F]] A. «Sí, sí». (Varios). ($M_a (F_b)$)
P. «¿Y el signo? Según el criterio, es negativo».
- 27 [M][MD[I]] A. «Sí, pero al final se anula». ($M_b D_b (I_a)$)
P. «Sí, pero ahora es negativo».
P. «¿Y para la y?».
- 28 [MD[C]] A. (Dudan). «Negativa también». (Varios). ($M_a D_a (C_b)$)
P. «¿Y para g_2 ? ¿Qué?».
- 29 [MDO[C]] A. « g_2 por coseno de 30 menos g_2 por seno de 30 ». (Varios). ($M_a D_b O (C_b)$)
P. «Se ve que las dos primeras se van, y éstas (las otras) queda: $2 \cdot 60G \cdot \text{sen } 30$ ».
- 30 [M[IF]] A. «¿Por qué da eso?». ($M_a (I_a F_a)$)

- P. «Porque las equis se ve que son contrarias, se anulan, y las íes se solapan y se suman». (Se señala).
- P. «Como cabía esperar: $G \cdot 60 - 60 \cdot G$ da cero. ¿Queréis preguntar algo?». (Se pasa a lo siguiente, y que se planteó el día anterior).
- P. «Campo entre la Tierra y la Luna nulo».
- P. «Ya vimos que sí existe ese punto, porque el campo que crea la Tierra es hacia...». (Se hace esquema).
- 31 [MS[GC]] A. «La Tierra». (Varios). ($M_a S_b (G_a C_b)$)
P. «¿Y el de la Luna?».
- 32 [MO[I]] A. «Hacia la Luna». ($M_a S_o (I_b)$)
P. «Es un punto más cercano a la Luna, ¿por qué?».
- 33 [M[DF]] A. «Porque la masa es mayor». ($M_a D_b (F_a)$)
P. «A ver...».
- 34 [MS[G]] A. «Porque la masa es menor». ($M_a S_b (G_a)$)
P. «Y la distancia...».
- 35 [MD[C]] A. «Ha de ser menor». ($M_a D_b (C_b)$)
P. «Donde el punto en que g es nulo, le llamo x (distancia) a la Tierra, pero..., ¿puede plantearse donde el cuerpo no sufre fuerza gravitatoria?».
- 36 [AS] A. «Sí». ($M_o S_b$)
P. «Pero, ¿qué ecuación?».
- 37 [M[I]] A. «La del campo». ($M_c (I_b)$)
P. «¿Y qué escribo?».
- 38 [MS] A. «El campo de la Luna igual al campo de la Tierra en ese punto». ($M_a S_b$)
- 39 [MD[F]] A. «¿ r es menor que x ?». ($M_a D_b (F_b)$)
P. (Se señala y se las operaciones).
- 40 [M][MD] A. «El tercer término es $-2rx$ ». (Corrigen). ($M_b D_b$)
P. «Está bien... Y se llega a una ecuación...».
- 41 [MD] A. «De segundo grado». ($M_c D_b$)
P. «Que resuelta...».
- 42 [MDO] A. «Dos soluciones». ($M_c D_o$)
P. «¿Por qué?».
- 43 [A] A. «Porque es de segundo grado». (M_o)
P. «Físicamente, ¿qué significa?».
- 44 [A[F]] A. (Silencio). (Comentan). ($M_o (F_o)$)
P. «¿Cuál es la condición que hay en un punto medio...? ¿Existe otro?».
- 45 [MS[O]] A. «Sí». ($M_a S_b (O)$)
P. «¿Hacia dónde caerá? ¿En medio?».
- 46 [MS] A. «No». (Varios). ($M_a S_b$)
P. «¿Al lado de la Tierra?».

- 47 [A[F]] A. «Sí». ($M_o (F_b)$)
- 48 [M] A. «No». (Varios). ($M_c S_o$)
P. «Es una distancia... a la Tierra».
- 49 [M[F]] A. «¿Al otro lado?». ($M_a (F_a)$)
P. «En ese lado, el campo que crea la Tierra va...».
- 50 [M[CIO]] A. «Hacia la Tierra». ($M_c (C_b I_o)$)
P. «¿Y el otro?».
- 51 [A][IO] A. «Hacia la Luna». ($M_o (I_b)$)
P. (Se dibujan). «Es decir, coinciden, y la solución da, según se plantee, debe ser nulo o iguales».

(Fin de la cinta). (Avisan). (Se graba la cara B).

- P. «Problema siguiente».
- A. «La masa de un protón...».
- A. «El de: dada la masa de la Luna, ¿qué altura recorre un cuerpo en caída?».
- P. «La primera parte está hecha antes, gravedad en la Luna».
- 52 [MD] A. «Sí». ($M_c D_b$)
P. «Es muy sencillo, si a la distancia la llamamos...».
- 53 [MD[GO]] A. «r». ($M_a D_b (G_o)$)
P. «Generalmente en caída lo llamamos...».
- 54 [M[I]] A. «h». ($M_c (I_b)$)
P. «Y h en caída donde la velocidad inicial es...».
- 55 [MD] A. «Cero». ($M_a D_b$)
P. «Así...».
- 56 [MS[IO]] A. « $h = 1/2$ de g en la Luna por t^2 ». ($M_a S_b (I_b O)$)
P. «Bueno, pues se resuelve... Así de fácil».
- 57 [M] A. «¿Sólo?». (M_c)
P. (Se hacen cálculos).

Fin de la clase

Martes 14 de Noviembre de 2000

Hora: 12:10

(Se dicta un problema: satélite geostacionario, y se plantea el que se va a hacer tres cargas en los vértices de un cuadrado para calcular el campo en el cuarto).

- 1 [A[I]] P. «Primero calculamos...».
A. «Las distancias». ($M_o (I_b)$)
P. «Sí, porque...».
- 2 [MS[G]] A. «La suma de los campos». (Varios). ($M_a S_a (G_a C_a)$)
P. «Que son...».
- 3 [M[IO]] A. «Vectoriales». ($M_b I_o$)
P. «Suma de vectores o...».
- 4 [AS[GO]] A. «Componentes». (Se oye mal). ($M_o S_b (G_o)$)
P. «En valor numérico $E_{1A} = \dots$ ».
- 5 [MD] A. «k por q_1 dividido por r...». ($M_a D_b$)
P. «¿Y?».
- 6 [AD] A. «Al cuadrado». (Varios). ($M_o D_b$)
P. «¿Y k?».
- 7 [AD] A. « $9 \cdot 10^9$ ». ($M_o D_b$)
A. (Siguen dictando valores).
P. «¿Y dará?».
- 8 [AD] A. «Newtons». (Varios). ($M_d D_b$)
P. «¿El E_{2A} ?».
- 9 [M] A. (Dictan y se escribe). (M_b)
P. «¿Y la distancia?».
- 10 [MD[I]] A. «Raíz de uno al cuadrado más uno al cuadrado = raíz de dos». ($M_a D_b (I_b)$)
P. «Resultando..., ¿y E_3 ?».
- 11 [MD] A. «Lo mismo». ($M_b D_b$)
P. «Ahora...».
- 12 [M[C]] A. «Se suman». ($M_a (C_b)$)
P. «¿Cómo? ¿Así?».
- 13 [M][MS] A. «No, no». ($M_b (S_b)$)
- 14 [MS[GCTL]] A. «Por componentes». ($M_a S_b (G_a C_a T_1)$)
P. «En este caso se puede hacer de una forma más sencilla». (Se dibuja).
P. «¿La primera, hacia dónde?».
- 15 [MS[IC]] A. «Hacia la puerta». (Y señalan varios). ($M_a S_b (I_b C)$)
P. «Bien, ¿y el de la segunda?».
- 16 [MD] A. «En diagonal». ($M_a D_b$)

- 30 [MD[O]] A. «¿Y el de la tercera?».
A. «Hacia abajo». ($M_a D_b (O)$)
P. «Sumamos el de 1 y 3: $E_{13} = \dots$ ». (Se dibuja).
- 31 [MD[GC]] A. «Vale raíz de E_1^2 y valor de E_3^2 ». (Varios). ($M_a D_b (G_b C_b)$)
P. «Da un número, ¿y ahora el total?».
- 32 [MS[I]] A. «Serían los dos». (Varios). ($M_a S_b (I_b)$)
P. «Justamente, pues se superponen, esto sería el campo total».
P. «Pero tendríamos que hallar sus componentes».
- 33 [MD] A. « E_x y E_y ». ($M_a D_b$)
- 34 [MS] A. «Hay un error de cálculo». (Una). ($M_a S_b$)
P. «¿Qué vale E_x ?».
- 35 [MD[I]] A. «E por el seno...». ($M_a D_b (I_b)$)
P. «¿De?».
- 36 [MD] A. «45». (Varios). ($M_c D_b$)
P. «Es 45».
- 37 [M] A. «45». (M_b)
P. «¿Y por?».
- 38 [A[I]] A. « E_2 ». ($A (I_b)$)
P. «¿Por?».
- 39 [A[F]] A. «E». (No se oye casi). ($A (F)$)
P. «Pero es E_x ».
- 40 [M[D]] A. «Entonces por coseno». (Varios). ($M_c D_a$)
- 41 [MS[I]] A. «Da igual». ($M_a S_h (I_a)$)
P. «Sí, pero sólo en este caso».
- 42 [MS[G]] A. «¿No hay que multiplicar por E_{2x} y sumar?». ($M_a S_a (G_a)$)
P. «Sí, ahora lo hacemos como ejemplo más general».
P. «La forma vectorial..., E_x por...».
- 43 [M[IC]] A. «i». ($M_a (I_h C_b)$)
P. « E_y ...».
- 44 [M[CO]] A. «j». ($M_c (C_b O)$)
P. «Ahora por componentes: E_{1ax} , ¿a qué es igual?».
- 45 [MD[IO]] A. «Coseno de 45 por E_1 ». (Varios). ($M_a D_a (I_o)$)
P. «¿Aclaremos la nomenclatura?».
- 46 [MS[C]] A. « E_{1ax} es igual a E_1 ». (Varios). ($M_c S_b (C_b)$)
- 47 [MD[I]] A. « $E_{1aj} = 0$ ». ($M_c D_b (I_b)$)
- 48 [MD[F]] A. « $E_{2ax} = \text{sen } 45$ por E_2 ». ($M_c D_b (F)$)
- 49 [M[C]] A. « $E_{2ax} = \text{coseno}$...». ($M_b S_o (C_b)$)
- 50 [MD] A. « $E_{3ax} = 0$ ». ($M_a D_b$)
- 51 [M[IO]] A. « $E_{3y} = E_3$ ». ($M_a (I_o)$)

- P. «Ahora ya se suman las x por un lado y las y por otro, y da $\cdot E_x$ y E_y ». (Se hace).
- A. « A_2 es...». (Se corrige algo).
- P. «¿Da igual?». (Pero no da).
- 52 [MD] A. «Es igual». (Intentan corregir). ($M_b D_b$)
- 53 [MS[I]] A. «En la primera, es por 10^3 ». ($M_a S_b (I_b)$)
- P. «Así, hay que multiplicar a todos».
- A. (Comentan, hablan).
- P. «No da».
- 54 [M][MD] A. «Sí que da». (Varios). ($M_b D_b$)
- A. «El segundo que va con raíz cuadrada de 2».
- P. «¿Puedes salir Blanca a corregirlo?».
- 55 [MD] A: «Al multiplicar se va...». (Lo corrige, es que faltaba un paréntesis). (Se sigue). ($M_a D_a$)
- P. «Este es un caso particular porque E_2 y E_3 coinciden; pero, ¿si no son iguales?». (Se señala y se dibuja).
- 56 [M][MS[F]] A. «¿Cómo se halla el ángulo?». ($M_b S_b (F_o)$)
- P. «Pues se calcula su resultante y luego por el seno o coseno (se indica), de esta manera».
- 57 [MD[I]] A. «No son lineales». ($M_a D_h (I_h)$)
- P. «Y el ángulo con E_{2a} , ¿cómo se calcula? Vamos a imaginar que $q_3 = 2q_1$... Usamos el primer método. ¿Qué vale E_{1a} ?».
- 58 [MS] A. «Igual». (Varios). ($M_a S_b$)
- 59 [MD[G]] A. «Raíz de $E_1^2 + E_3^2$ ». ($M_a D_a (G_a)$)
- P. «¿ E_{2a} da lo mismo?».
- 60 [F] A. (Dudan). (F_c)
- 61 [MS] A. « E_2 da igual que antes». ($M_a S_a$)
- P. «Claro, no cambia».
- P. « E_{3x} es...».
- 62 [MD] A. «Cero». ($M_a D_b$)
- P. «Claro».
- P. «¿Y el módulo?».
- 63 [MD[I]] A. «Raíz cuadrada de los cuadrados». (Varios). ($M_a D_a (I_b)$)

Fin de la clase

Miércoles 15 de Noviembre de 2000

Hora: 9:10

(Se trata ahora de calcular la energía potencial del sistema de tres cargas, en los vértices del cuadrado). (Se graba).

- P. «¿Colocar la primera carga en donde no hay nada, representa una energía?». (La que cuesta).
- 1 [MS[IO]] A. «No». (Varios). ($M_b S_b (I_o)$)
P. «Cierto, y ahora, ¿colocar la segunda representa en el campo de la primera...?».
- 2 [MS[I]] A. «Esfuerzo». ($M_a S_b (I_b)$)
P. «Es decir, una energía positiva o negativa, la energía potencial para colocar la segunda».
- 3 [AD] A. (Asienten). ($M_o D_b$)
- 4 [MD] A. «La constante por la carga...». ($M_c D_b$)
P. «¿Cuál?».
- 5 [M[ITLC]] A. « q_1 y q_2 ». ($M_a (I_b T_1 C_a)$)
P. «Justamente».
- 6 [MD] A. «Partido por la distancia». ($M_c D_a$)
P. «Está claro».
- 7 [AD] A. (Dictan el resultado del cálculo). ($M_o D_b$)
P. «Sería...».
- 8 [AD] A. «Julios». ($M_o D_b$)
P. «¿Signo?».
- 9 [M[FI]] A. «Positivo». ($M_a (F I_b)$)
- 10 [M[IO]] A. «Negativo». ($M_c (I_b O)$)
P. «¿Ahora qué tenemos que hacer?».
- 11 [MD] A. «Es...». (Se corrige un cálculo). ($M_b D_b$)
- 12 [MS] A. «Colocar q_3 ». ($M_a S_a (I_b)$)
- 13 [MD[IO]] A. « k por q_1 por q_3 partido raíz cuadrada de 2». ($M_c D_b (I_o)$)
P. «¿Hay algo más?».
- 14 [AS[CG]] A. «Sumar». ($M_o S_b (C_h G_b)$)
P. «¿Pero no hay más energías?».
- 15 [MS[IO]] A. «La de, entre la 2 y la 3». ($M_a S_b (I_b O)$)
P. «Justo». (Se calcula).
P. «Y es lógico que dé más, ¿por qué?».
- 16 [MS[CG]] A. «Nos ha costado trabajo». ($M_a S_a (G_a C_a)$)

- P. «Ya que del infinito las traemos a una posición cercana». (Con micrófono cerrado se dicta el problema siguiente que es un esquema, se da el W_{AB} el potencial en A y pide el de B (distancia= 0,2 m)). (Se graba).
- P. «¿Qué concepto nos vendrá bien?»
- 17 [A[C]] A. «Del trabajo». ($M_o (C_b)$)
P. «Que para ir es igual...».
- 18 [MD[G]] A. «A la carga por la diferencia de potencial». ($M_a D_a (G_b)$)
P. «¿Cuál?».
- 19 [MS[G]] A. «Es A menos en B». ($M_a S_h (G_b)$)
- 20 [MD] A. «-200= $0,4 \cdot 10^{-6}$...». ($M_a D_b$)
P. «Se despeja y da... ¿Está bien?».
- 21 [M[I]] A. «Ahí debe haber un menos». ($M_a (I_b)$)
P. «¿Está bien?».
- 22 [M][MS[I]] A. «Está mal». ($M_a S_h (I_b)$)
P. (Se corrige). «Luego, estaba bien...».
P. «Segunda pregunta: la componente del campo en esa dirección, habrá que retroceder a los conceptos que relacionan los dos parámetros».
- 23 [MS[G]] A. «La intensidad y el potencial». ($M_a S_a (G_b)$)
P. «¿Con qué expresión?».
- 24 [MD[IF]] A. «La de la energía potencial partido por la carga». ($M_a D_b (I_b F_a)$)
P. «No, no nos conviene, eso era el potencial».
- 25 [A[C]] A. «El gradiente del potencial». ($M_o (C_b)$)
P. «Que es la expresión...».
- 26 [MS[I]] A. «Menos diferencial V partido diferencial de r». ($M_a S_b (I_b)$)
P. «Distancia (me refiero a r) y que es vector..., como es componente por ejemplo E_x en vez de r...».
- 27 [AS[I]] A. «x». ($M_o S_b (I_b)$)
P. «Y lo podemos escribir como cociente de incrementos».
- 28 [M[I]] A. «Sí». ($M_c (I_b)$)
P. «Que en este caso vale...». (Se escribe).
- 29 [MS] A. «Menos V_B ». ($M_c S_b$)
P. «Que valía 520».
- 30 [MD] A. «Menos (520 menos 20) partido 0,2». ($M_a D_a$)
P. «¿De acuerdo?».
- 31 [A] A. (Asienten). (M_o)
P. «Da 25, ¿qué? ¿N/m?».
- 32 [MD] A. «Sería voltios/m». ($M_a D_b$)
P. «Estamos calculando el campo».
- 33 [M[I]] A. «Pero es voltios partido metro». ($M_a (I_b)$)

P. «Sí, perdón, son newtons partido por culombio o V/m».

P. «Podeis dimensionalmente comprobarlo».

(Se para y se pasa a otro problema de un electrón en un campo E y se pide la ecuación del movimiento, se dibuja E hacia arriba, como el de una carga positiva). (Se graba).

- P. «¿Cuál sería la dirección del electrón?».
- 34 [M[CI]] A. (Algunos señalan bien, hacia abajo). ($M_c (C_b I_b)$)
- 35 [M[IF]] A. «Horizontal». ($M_a (I_b F)$)
P. (Se dibuja). «¿Y al fuerza eléctrica?».
- 36 [MD] A. « $k \cdot q \dots$ ». ($M_a D_a$)
P. «No, hay que recordar la definición de campo».
- 37 [AS[GO]] A. « $E \cdot q$ ». ($M_o S_b (G_b O)$)
P. «Y q es el electrón, ¿y es movimiento uniforme o acelerado?».
- 38 [MS[CTL]] A. «Acelerado». (Varios). ($M_a S_b (C_b T_1)$)
P. «¿Por qué a es importante, trata lo que para la Física es...?».
- 39 [MS[GI]] A. «Posición». ($M_a S_b (I_b)$)
P. «Que era...».
- 40 [M[GCTL]] A. «Objetivo». ($M_a (G_a C_a T_1)$)
A. «Por m».
P. «En este caso».
- 41 [MD[C]] A. « $a = E$, porque partido por la masa...». ($M_a D_a (C_b)$)
P. «Así en el eje y es movimiento...».
- 42 [MS[IO]] A. «Acelerado». ($M_a S_a (I_o)$)
P. «Luego $y = \dots$ ».
- 43 [MD] A. «Un medio de a por t al cuadrado». (Varios). ($M_a D_h$)
P. «Ecuación del movimiento, pero pide la ecuación de la trayectoria, es decir, en función de...».
- 44 [MS[CG]] A. «x». ($M_a S_a (C_b G_b)$)
P. «Y en x, ¿cómo es el movimiento?».
- 45 [MS[TL]] A. «Constante». ($M_a S_a (T_1)$)
P. «¿O?».
- 46 [A[I]] A. «Uniforme». ($M_o (I_b)$)
P. « $x = \dots$ ».
- 47 [AD] A. « $v \cdot t$ ». ($M_o D_a$)
P. «Y ahora se sustituye x en la otra». (Se escribe).
- 48 [MS[I]] A. «Es v^2 ». ($M_a S_a (I_a)$)
P. «Es un movimiento que es... Fíjense, la variable al cuadrado...».
- 49 [MS[GO]] A. «Parabólico». ($M_a S_a (G_a O)$)

- 50 [M][MS[I]] A. «Luego..., es acelerado, y ¿v es inicial?». ($M_b S_a (I_a)$)
 P. «Sí, justamente».

(Con micrófono cerrado se borra y se plantea el siguiente del satélite estacionario). (Se abre).

- 51 [MS[G]] P. «¿Qué parámetro es importante para un cuerpo en órbita?».
 A. «La velocidad». ($M_a S_a (G_a)$)
 P. «Así, $v = \dots$ ».
- 52 [MD[C]] A. «Raíz de G por M partido...». (Varios). ($M_a D_b (C_b)$)
 P. «¿Qué masa?».
- 53 [MS] A. «De la Tierra». ($M_a S_h$)
 P. «Y dividido de R_T más...».
- 54 [MD] A. « $R_T + h$ ». ($M_a D_b (C_o)$)
 P. «¿Seguro?».
- 55 [MS] A. « $R_T + h$, altura». ($M_c S_b$)
 P. «Y geoestacionario, ¿qué significa?».
- 56 [MSO[F]] A. «Que la velocidad es igual». ($M_a S_b O (F)$)
 P. «¿Qué velocidad?».
- 57 [MD[C]] A. «Angular». (Varios). ($M_a D_a (C_b)$)
 P. «Así escribimos v en función de la angular, ¿y cuál es?».
- 58 [AD[F]] A. « $2\pi r$ ». ($M_o D_b (F_b)$)
 P. «¿Seguro?».
- 59 [MD[IO]] A. « 2π ». (Varios). ($M_c D (I_o)$)
 P. «Eso es, 2π solo, dividido...».
- 60 [A] A. « 2π por...». ($M_c D_b$)
 P. «Tantos segundos».
 P. «Se sustituye». (Se efectúa y se dice cómo calcular la raíz cúbica que aparece).

Fin de la clase

Grabaciones del ambiente «problema»

Lunes 20 de Noviembre de 2000: 1^{er} día

Hora: 9:10 de la mañana

Se graba cara A y parte de la B.

(Da comienzo el bloque temático que trata los contenidos que configuran el Modelo de los Postulados de la Relatividad en el contexto de la Física General, es decir las consecuencias y el papel de dichos Postulados en su Metodología. Aspectos que ya se mencionaron a comienzo del curso).

- P. (Se pregunta qué recuerdan de estos particulares sobre el comportamiento de la luz).
- 1 [M[GCCTL]] A. «Que no depende del foco». ($M_a (G_b CC_a TL)$)
P. «Bien..., pero vamos a revisar las estrategias a las que recurre la Física para lograr sus objetivos. ¿Recuerdan cuál era el objetivo de la Física?».
 - 2 [MG] A. «La ecuación del movimiento». ($M_a (G_a)$)
P. «Lo que representa... concretamente conocer...».
 - 3 [M[I]] A. «La situación...». ($M_a (I_b)$)
P. «Es decir, la posición...».
 - 4 [MD[G]] A. «Respecto del tiempo». ($M_a (G_b D_a)$)
P. «¿En relación a...?».
 - 5 [MS[I]] A. «Posición en el espacio». ($M_a S_b (I_b)$)
P. «Para cada tiempo...».
 - 6 [M[IO]] A. «En cada instante...». ($M_a (I_o)$)
P. «Y para averiguar... dónde está, ¿cómo lo medimos?».
 - 7 [M[GC]] A. «En función de un sistema de referencia». ($M_a (G_a (C_b))$)
P. «Y eso es lo que vamos a hacer... y considerar al espacio, ¿cómo?».
 - 8 [M[IOC]] A. «Tridimensional». ($M_a (I_o CC_b)$)
P. «Por ello el sistema será 3D». (Se dibuja)
P. «Pero lo reduciremos al plano y consideraremos movimientos en un solo eje, el X..., y lo que vamos a averiguar es cómo se relacionan los parámetros en un sistema con lo que se mide en otro».
P. «Lo que es una transformación de coordenadas, y... ¿cuál era la clásica?, la que se utiliza...».
 - 9 [M[IOG]] A. «La de Galileo». ($M_a (I_o G_b)$)
P. «La cual daba una adición de velocidades... v' ».
 - 10 [MS[I]] A. « $v + v_{SR}$ ». ($M_b S_b (I_b)$)

- P. «...Vean la página 2 de los apuntes..., y esa adición, recuerdan: ¿funcionaba siempre?».
- 11 [M[I]] A. «No». ($M_c(I_b)$)
P. «¿Recuerdan por qué, alguna experiencia?».
- 12 [M[F]] A. (Silencio, dudan, no se oye bien). ($M_c(F_c)$)
P. «¿Sí?, ¿la de Michelson...? ¿Y qué Postulados se introducían sobre la luz para hacer acorde la nueva adición que generan con la experiencia? ¿Qué decíamos respecto a cuando camino y mido la velocidad de la luz? ¿Qué mido para la velocidad de la luz?».
- 13 [M[IOCTL]] A. «Tres por 10 a la ocho metros por segundo». ($M_a(I_o C_b TL)$)
P. «¿Y si camino, qué velocidad mido? ¿ $3 \cdot 10^8$?».
- 14 [M[GOI]] A. «Es constante». ($M_a(G_a O I_b)$) *(1)
P. «Los demás están de acuerdo en que la luz sigue alejándose de mí a...».
- 15 [MS[CC[TL]]] A. «Con la misma velocidad». ($M_b S_a(CC_a(TL)))$ *(3)
P. «He querido recordarlo, ya que era un concepto contrario al sentido común, pero vamos a desarrollarlo».
P. «Tenemos dos sistemas S y S' con movimiento relativo (se van dibujando). Las coordenadas según distancias que se miden en cada sistema y con relojes en cada sistema. Obteníamos una primera relación entre posiciones como: en uno = a la del otro más la v_{SR} por el tiempo, ¿de acuerdo?».
- 16 [A[C]] A. (Asienten). ($M_d(C_b)$)
P. «...y la relación de velocidades... trabajando con componentes según la Transformación de Galileo, en la que decimos que el tiempo no varía de un sistema a otro».
- 17 [A[IO]] A. (Asienten). ($M_d(I_o)$)
P. «Si el movimiento es acelerado, volvemos a derivar..., y se obtiene la relación de aceleraciones $a' = a - a_{SR}$ ».
A. (Comentan).
P. «Si el sistema es inercial $a_{SR} = 0$, que es el caso anterior donde $v = cte.$; bueno, no inercial si a_{SR} no es igual a 0».
P. «De momento tratamos el primer caso bajo el Modelo Relativista: Teoría de la Relatividad Especial y que se refiere a Sistemas Inerciales o con movimiento relativo uniforme... $a_{SR} = 0$, ¿qué pasa?, una primera consecuencia fundamental y Primer Postulado: las aceleraciones medidas desde sistemas diferentes son»:
- 18 [MS[GO]] A. «Iguales». ($M_c S_b(G_o)$)
P. «Que quiere decir que por el movimiento del sistema no se aprecian las medidas derivadas de la dinámica. Es decir, si mido, ¿su aceleración o fuerza, me sirve para decir qué sistema se mueve?».
- 19 [A[F]] A. (Comentan). ($M_d F_c$)
P. «¿Quién dice que no?...».

- P. «Mido variables dinámicas (como la aceleración). ¿Sirven para saber qué sistema se mueve?».
- 20 [MS[OG]] A. «No». (Varios). ($M_a S_c (G_o)$)
P. «...Y es el Primer Postulado o Principio de la Relatividad».
- 21 [A[IO]][CTL] A. (Asienten) «Sí». ($M_o (I_o) (C_b TL)$)
P. «Vamos a ver que es cierto con ejemplos: trataremos primero objetos y luego ondas. Un objeto es lanzado por una persona (apuntes) y tendrá una velocidad igual a su velocidad, ¿más la del sistema?».
- 22 [M[F]] A. (Comentan). ($M_c (F_c)$)
P. «¿Y ven (en el ejemplo) que se cumple el principio de relatividad?».
- 23 [AO] A. «Sí». ($M_o S_o$)
P. «Se ve que a pesar de medir velocidades diferentes en un sistema y en el otro, lo que se ve es que estas medidas se obtienen igual tanto si pensamos que es S' el que se mueve como si es S el que se mueve en sentido contrario (se lee el ejemplo). ¿Lo ven? Por ejemplo, a tal hora el objeto está aquí y luego aquí... así se mide su velocidad».
P. «Así voy midiendo... y deduzco que el otro sistema tiene velocidad 10. No, perdón, -8 en sentido contrario o yo 8 en esta dirección».
P. «Es decir, la adición que hace que el objeto incorpore la velocidad de su fuente, hace que se respete (tanto si se mueve S como si es S') el Principio de Relatividad de Galileo. Es decir, que no se puede obtener»:
- 24 [MS[F]] A. «La velocidad de un sistema». ($M_a S_b (F_b)$)
P. «Bueno, eso sí, relativamente sí, pero no...».
- 25 [MS[GCC]] A. «Quien de los dos es el que se mueve». ($M_a S_b (G_a CC_a)$)
P. «Eso es».
- 26 [M] A. «Sí». (M_c)
P. «Pero vamos a ver el caso de las ondas mecánicas (otro ejemplo en los apuntes) que resultan ser un movimiento vibratorio que se transmite».
A. (Comentan y buscan el ejemplo).
P. «De una partícula a otra, un movimiento que se...».
- 27 [MS[OC]] A. «...Propaga». ($M_a S_b (C_o)$)
P. «... Para ello deben existir 'cosas' para propagarse..., el medio... (dibujo ondas en un estanque)..., la velocidad de las ondas no depende de la del objeto que las crea, no incorporan la velocidad de la fuente, sino la del medio (ver ejemplo de pecera en apuntes), ¿éstas se mueven con la pecera?».
- 28 [MO[I]] A. «Sí». ($M_b S_o (I_b)$)
P. «Eso permite, lo vemos en el ejemplo, que las medidas de las velocidades son las mismas tanto si pienso que se mueve uno u otro...».
- 29 [AS] A. (Asienten). ($M_o S_b$)

- P. (Se lee el ejemplo). «El que las ondas incorporen la velocidad del medio permite: no determinar qué sistema se mueve. Además, si se fijan, el Primer Postulado dice que no podemos ‘medir’ respecto al vacío y en las ondas mecánicas no se transgrede, porque medimos respecto del agua, que es materia y no es vacío».
- P. «Especulamos ahora: la luz es partícula u onda».
- 30 [F] A. (Comentan). (F_o)
P. «Bueno... Primero en relación con su fuente emisora: como onda, Einstein así se decide, ¿con qué experiencias? Ver la de las estrellas dobles (apuntes)».
A. (Comentan).
P. «En que una va y otra viene: si la luz (su velocidad) varía con la fuente emisora, su velocidad (para cada estrella), ¿sería distinta?».
- 31 [MO[F]] A. «No». (Algunos dudan). (M_a S_o (F_b))
P. «A ver, ¿sería diferente para la que va de la que viene?».
- 32 [M[F]] A. «No». (M_a S_a)
P. «Para la que va sería...».
- 33 [MS] A. «Menor». (M_a S_a)
P. «Y para la que viene...».
- 34 [AD[IO]] A. «Mayor». (M_o D_b (I_o))
P. «Luego, el que sean iguales confirma que no depende (de la fuente). Luego hay otra experiencia (en apuntes): el disco solar gira y, ¿sería igual la velocidad de la luz para un lado y otro del disco?».
- 35 [AS[GO]] A. «No». (M_o S_b (G_o))

(Se para la cinta).

(Se aclara que si dependiese no sería igual. Y se concluye con que estas experiencias y otras como la de Bergman más actual -espejos giratorios- parecen confirmar que dicha velocidad no varía con el foco emisor).

(Se sigue con las experiencias como las que, como onda la luz, debería en principio modificar su velocidad con la del medio supuestamente intangible y desconocido, el que se llamó éter).

(Se observa -en apuntes- cómo un fenómeno, el de la aberración estelar -inclinación que ha de darse a un telescopio para observar una estrella en función del movimiento relativo de la tierra o en dos posiciones en su órbita opuestas- induce a pensar que el éter es arrastrado por la Tierra, pues si no fuese así no habría que inclinar el telescopio).

(Luego se revisa la de Michelson y Morley, sobre cómo el movimiento de la Tierra modificaría la velocidad de la luz en $c+v$ y $c-v$ para el rayo en dirección longitudinal y para el transversal en la raíz cuadrada de c^2+v^2 , «lo que debería dar tiempos iguales de llegada, para caminos iguales»).

- [M[I]] A. «...distintos». (Se recuerda). ($M_a (I_b)$)
 P. «La experiencia muestra que llegan a la vez convirtiéndose este aserto en el Segundo Postulado».

(Se abre el micrófono, cara B).

- 36 [M[I]] P. «Según esto, Segundo Postulado, para la luz, su velocidad es...».
 A. «Independiente». ($M_b (I_b)$)
 P. «Que no depende ni...».
- 37 [MS[I]] A. «...del medio». ($M_a S_b (I_a)$)
 P. «...Ni del».
- 38 [MS[GCCO]] A. «...foco emisor». ($M_a S_b (G_b CC_o)$)
 P. «Así se presenta ahora como una partícula, pero que no incorpora la velocidad del emisor..., y se emite en el vacío así, como una partícula, aunque en sus interacciones a su vez se porte como onda, como ya veremos».
 A. (Comentan).
 P. «Vemos en el libro estos temas».
 A. (Leen los Postulados en el libro).
 P. «Consecuencias de los Postulados».
 A. (Buscan en apuntes y comentan el siguiente tema, el de un rayo que se emite al techo de un autobús).
 P. «Se dibuja el rayo en S' y recorre r' y en S recorre r . Su velocidad no depende...».
- 39 [M[I]] A. «Ni del foco emisor ni del medio». ($M_a (I_a)$)
 P. «¿Está bien el dibujo? ¿Para S' recorre r' y para S , r ?».
- 40 [MS[IO]] A. «Sí». ($M_c S_b I_o$)
 P. «Como espacio, r lo puedo escribir...».
- 41 [M[GD]] A. «Velocidad por tiempo». ($M_a D_b (G_b)$)
 P. «Es decir: $r' = ct'$, y $r = ct$ ».
 P. «Bueno, empezamos a especificar, ¿el reloj de S' mide t ? ¿Y el de fuera, r a dónde irá?».
- 42 [MS] A. «Al techo, arriba». ($M_a S_a$)
 P. «Pero, ¿aquí?».
- 43 [M][M[I]] A. «Sí». (Señalan bien). ($M_b (I_b)$)
 P. «El espacio recorrido es r , y r es igual...».
- 44 [MD[I]] A. «c por t». ($M_a D_b (I_a)$)
 P. «¿t y t' son iguales?».
- 45 [M][M[FP]] A. «Sí». «No, no». ($M_b (F_b CC_d)$)

- P. «Es que aún teneis una concepción clásica en la que la velocidad valía...».
- 46 [MS[I]] A. «c más v». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Pero ahora c...».
- 47 [MS[CCTL]] A. «Es la misma». ($M_a S_a (CC_a TL)$)
P. «Y t sería igual a t'...».
- 48 [MS[O]] A. «No». ($M_a S_b (CC_o)$)
P. «Claro, si c es constante, t y t' no pueden ser iguales. Vemos que ya la Transformación de Galileo no sirve por ello».

(Fin clase).

Martes 21 de Noviembre de 2000: 2º día

Hora: 12:10

Se graba cara A y parte de la B.

(Se comienza repasando los Postulados de la Relatividad recién enunciados el día anterior).

- 1 [M[IGF]] P. «En relación al Primer Postulado, ¿cómo lo expresarías?».
A. «Que no depende del foco». ($M_a (I_b G_a F_b)$) *(3)
P. «No..., todavía no hemos llegado a la luz».
- 2 [M] A. (Risas). (M_b)
P. «Estamos todavía en lo que se denomina Principio...».
- 3 [M][M[IO]] A. «De la Relatividad». ($M_b (I_o)$)
P. «¿Y qué significa?».
- 4 [MS[GCC]] A. «Que no se puede saber cuál es el que se mueve». ($M_a S_b G_b (CC_a)$)
P. «Eso es, no se puede saber a través de experiencias quién se mueve, porque la aceleración que se mida es...».
- 5 [MS[I]] A. «La misma». ($M_a S_b (I_b)$)
P. «¿Y las velocidades?».
- 6 [M[F]] A. «Igual». ($M_a (F_a)$)
- 7 [M][MS[IO]] A. «Diferentes». ($M_b S_b (I_o)$)
P. «Y aunque diferentes, ¿nos permite saber quién se mueve?».
- 8 [MS[CCGO]] A. «No». ($M_a S_a (CC_b G_o)$) *(9)
P. «Pero podemos expresarlo de otra forma, ¿podemos medir respecto al vacío?».
- 9 [M[FGO]] A. (Silencio). (Dudan). «No» ($M_a (F_b G_o)$)
P. «Está claro: no; porque sería saber quién se mueve. Si no que sólo podemos determinar respecto a otro».
- 10 [F] A. (No se oye bien). (F_c)
P. «¿Objeto?».
- 11 [MS[OG]] A. «Sí». ($M_a S_b G_o$) *(9)
P. «El Segundo... En primer lugar vimos que el Primero se cumplía por dos cosas: primera, que los objetos materiales incorporan la velocidad de su...».
- 12 [MS[I]] A. «Fuente». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «¿Y las ondas mecánicas?».
- 13 [M][M[G]] A. «No». ($M_b (G_b)$)
P. «No incorporan la velocidad de su fuente, pero sí la de...».
- 14 [M[IGO]] A. «La de su medio». ($M_a (I_a G_o)$) *(10)
P. «Ahora vamos a la luz, ¿incorpora la velocidad de su fuente?».
- 15 [M[FP]] A. (Silencio). «Sí». ($M_a (F_a) CC_d$)

- 16 [M[I]] A. «No». ($M_a (I_a)$) *(5)
P. «¿En qué quedamos? De acuerdo con las experiencias de... ¿os acordais?».
- 17 [MS[I]] A. «Las estrellas dobles». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Cree Einstein que la luz no...».
- 18 [MS[IOCC]] A. «Incorpora la velocidad...». ($M_a S_b (CC_b I_o)$) *(5)
P. «Y otra experiencia».
- 19 [M[I]] A. «Del sol». ($M_a I_a$)
P. «Sí que gira..., y un lado daría más velocidad que el otro».
- 20 [A] A. (Asienten). (M_o)
P. «Aunque en su día dichas experiencias no son concluyentes por otros factores. Así, según esto, la luz se porta como...».
- 21 [MS[G]] A. «Una onda». ($M_a S_a (G_b)$)
P. «Luego, estas experiencias se confirman con otras, porque en éstas el efecto se perdía por el ‘efecto de extinción’... Lo tratamos como onda, y según ello incorporaría la velocidad...».
- 22 [MS[OG]] A. «Del medio». ($M_a S_b G_o$) *(4)
P. «La aberración, ¿qué indica? Que el medio, éter, ¿es arrastrado?».
- 23 [M[I]] A. «Que no». ($M_a (I_a)$)
P. «Entonces en la experiencia de Michelson para el rayo que es lineal con el movimiento de la Tierra en la ida y la vuelta $v = \dots$ (se señala el dibujo)».
- 24 [MS[I]] A. «v más c». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Y en contra».
- 25 [M][MD[OI]] A. «v menos c». ($M_b D_b I_o$)
P. «Bueno, c menos v. ¿Y para el que es perpendicular..., su resultante?».
- 26 [MS[G]] A. « c^2 más v^2 ». ($M_a S_b (G_b)$)
P. «En ambos casos los espacios (brazos), siendo iguales, los tiempos deberían haber sido...».
- 27 [MS[G]] A. «Diferentes». ($M_a S_a (G_b)$)
P. «¿Qué pasó?».
- 28 [MS[CC]] A. «Que fueron iguales». ($M_a S_b (CC_a)$)
P. «Pasaba que la velocidad de la luz permanecía constante, no incorporaba...».
- 29 [MS][GO] A. «La velocidad del medio». ($M_a (S_a G_b CC_o)$) *(4)
P. «Así no variaba ni con el foco ni con el medio, y como además -como siempre- puedo pensar que estoy en reposo (Primer Postulado), su medida siempre es...».
- 30 [M[GCC]] A. «Constante». ($M_a (G_a CC_a)$) *(4)
P. «En el vacío, ¿y en otros medio, es constante?».
- 31 [M[F]] A. «Sí». ($M_a (F_a)$)
- 32 [M][M[I]] A. «No». ($M_b (I_a)$)

- P. «No tiene por qué..., en otro medio puede ser diferente (aunque menor)».
- P. «Bueno, esto son los Postulados. Vamos a ver las consecuencias». (Se hace un dibujo similar al de los apuntes)».
- P. «Si un rayo sale con un recorrido cuya distancia en S' es r' y en S es r, pudiendo escribir $r' = \dots$ ».
- 33 [MD][IGF] A. «c por t». ($M_a D_a (I_b G_b F_b)$)
P. «¿y r?».
- 34 [M][IO] A. «c por t». ($M_a (I_o)$)
P. «¿Pondremos c por t'? ¿Serán iguales los tiempos si c es constante?».
- 35 [M][MS][CC] A. «No, no». ($M_b S_a (CC_o)$)
P. «Así vemos que la transformación de Galileo en que $t = t'$ no funciona. (Se escribe). Pensamos en otra transformación en función de \dot{O} , w, k, etc. (ver apuntes), que calculamos..., tenemos que ver que tiene que cumplir que $x'^2 + y'^2 + z'^2 = \dots$ ».
- 36 [MS] A. « $(ct')^2$ ». ($M_a S_b$)
P. «¿Y para r^2 ?».
- 37 [M][MD][G] A. « $x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2$ ». ($M_b D_b (G_b)$)
P. «Ahora el sustituir x' , y' , etc., por lo que da la transformación al igualar los coeficientes para que dé la otra (en el otro sistema, se obtienen ecuaciones) que al resolver dan los valores de \dot{O} , w y k. Así se obtiene la Transformación con los valores de \dot{O} , w y k que llamamos».
- 38 [M][IO] A. «Lorentz». (Se escribe). ($M_c (I_o)$)
P. «Que muestra que para conocer por ejemplo el tiempo en un sistema, tengo además que conocer la posición. Es decir, en ella el tiempo depende extrañamente de la posición. Es decir, en ella el tiempo depende extrañamente de la posición».
P. «Sin embargo, nosotros seguimos utilizando la Transformación de Galileo, ¿por qué?».
- 39 [M][M][G] A. «Porque son velocidades pequeñas». ($M_b (G_a)$)
P. «Por ejemplo, si v es muy pequeña, este término es...».
- 40 [MD] A. «Cero». ($M_a D_a$)
P. «Y esto se convierte...».
- 41 [AD] A. «En uno». ($M_o D_b$)
P. «Y uno entre uno es...».
- 42 [AD] A. «Uno». ($M_o D_b$)
P. «Y se ve que x' se transforma como la de Galileo. Y para el tiempo: si la velocidad es muy pequeña, ¿esto es?».
- 43 [MD][I] A. «Cero». ($M_c D_b (I_b)$)
P. «Luego el tiempo es igual en los dos sistemas».

- P. «Vemos ahora (ejemplos de apuntes) que las ecuaciones aparecen en forma inversa, ya que si respetamos el Principio de Relatividad, podemos pensar que es S quien se mueve en sentido contrario».
- A. (Comentan).
- P. «En realidad x y t representan intervalos o...».
- 44 [MD[GO]] A. «Incremento». ($M_a D_b (G_o)$)
P. « x_2 menos».
- 45 [MS[IO]] A. « x_1 ». ($M_c S_b (I_o)$)
P. « t_2 menos t_1 , etc.».
P. «Vemos qué significan $x'_2 - x'_1$ para S' (ejemplo de avión, ¿y esto?)». (Se hace un esquema).
- 46 [MS[CC]] A. « x_1 ». ($M_a S_b (CC_b)$)
P. «¿Y la llegada?».
- 47 [AD[I]] A. « x_2 ». ($M_o D_b (I)$)
P. «Hay un reloj que marca, por ejemplo, primero las 5:00 y las 5:05, que serían».
- 48 [MS[O]] A. « $t_2 - t_1$ ». ($M_a S_b (CC_o)$)
P. «Supuesto el sistema como una plataforma (que avanza con el sujeto)».

(Finaliza la cara A, sigue la cara B).

- P. «¿Cómo sé que el otro reloj marca 5:05?».
- 49 [MS[F]] A. (Comentan). «Voy». ($M_a S_a (F_b)$) *(8)
- 50 [M[I]] A. «¿Lo miro?» ($M_a (I_a)$)
P. «Estoy a una distancia..., y por lo que ves...».
- 51 [MS[G]] A. «Calculo la distancia..., el rayo». ($M_a S_a (G_b)$)
P. «Primero lo veo y segundo».
- 52 [M[F]] A. (Hablan, dan opinión). ($M_c (F_c)$)
P. «Si marca las 5:05, ¿son las 5:05?».
- 53 [M][MS[IO]] A. «No, no es...». ($M_b S_b (I_b O)$)
P. «Tengo que restar».
- 54 [MS[GO]] A. «El tiempo que tarda». ($M_a S_a (G_o)$)
P. «...Todo en relatividad va a ser afectado por esa forma de medir, y no es una diferencia relativista, esa es debida al sistema en movimiento. Veamos el ejemplo».
- 55 [MD] A. «El tiempo que se mide habrá que restarlo...». (Hablan). ($M_b D_b$)
P. «El suceso primero se produce en...».
- 56 [M[I]] A. « x_1 ». ($M_a (I_a)$)
P. «Y el segundo en x_2 ».

- 57 [M][M[CC]] A. (Hablan). «Ahora en S los tiempos...». (Intervienen muchos y no se entiende). (M_b (CC_b)) *(3)
P. «El primer suceso se produce en...».
- 58 [AD] A. « x_1 ». (M_o D_b)
P. «Y sé que se produce por la señal en un tiempo t_1 que medimos como siempre».
- 59 [M] A. (Asienten). (M_c)
P. «El segundo...».
- 60 [A[IO]] A. «En x_2 ». (M_o (I_o))
P. «Y a t_2 ». *(4)
P. «Y el intervalo t_2-t_1 y el $t'_2-t'_1$ son iguales».
- 61 [M[FP]] A. «Sí». (M_a (F CC_d))
- 62 [MS[CC]] A. «No, no». (Varios). (M_a S_a (CC_a)) *(8)
P. «¿ t' transcurre igual en sistemas con movimiento relativo?».
- 63 [MDO[I]] A. «No». (M_a D_o (I_b))
P. «Es de lo que estamos hablando...».
- 64 [M] A. (Comentan, ríen). (M_c)
P. «Están (los tiempos) relacionados por...».
- 65 [MD] A. «La ecuación». (Señalan). (M_a D_a) *(8)
P. «Se llama...».
- 66 [M][M[IOF]] A. «...de Lorentz». (M_b (I_o F_b))
P. «Así, los intervalos medidos entre los dos sucesos en S y S' ...».
- 67 [MD[GO]] A. (Dictan). «Incremento de t es igual a uno partido por la raíz de uno menos...». (M_a D_a (G_o))
P. «Así, si para uno pasan 5 con 5 y para otro 5 con 6...».
- 68 [M][MS[FCC]] A. «¿La distancia hay que conocerla?». (M_b S_b (F_b CC_c))
P. «Claro, claro, dependen de ella, ahora t depende de la distancia, ¿y cómo medimos?».
- 69 [MD[GC]] A. «Restando el tiempo que tarda en llegar...». (M_a (D_a G_b C_a))
P. «...la señal. Así se mide que el tiempo pasa realmente de forma distinta. Y se puede medir (en ejemplo) como incógnita la distancia (reloj de luz)».
P. «Pasamos ahora al caso (hoja siguiente) que el rayo de luz en S' sube y baja o que x'_1 es...».
- 70 [MS] A. «...igual a x_2 ». (M_a S_a)
P. «El intervalo...».
- 71 [MDO] A. «Es cero». (M_a D_o)
P. «Entonces, en la ecuación quedaría».
- 72 [MD[I]] A. «Incremento de t es igual a incremento de t' partido por la raíz cuadrada de 1 menos v^2 partido c^2 ». (M_a D_b (I_a))
P. «¿Cuál será mayor?».

- 73 [F] A. (Silencio, dudan). ($S_b (F_c)$)
P. «Vamos a analizarlo».
P. «¿ v^2/c^2 es?».
- 74 [MD] A. «Menor que uno». ($M_a D_b$)
P. «¿Y $1-v^2/c^2$?».
- 75 [MD[IO]] A. «Menor que uno». ($M_a D_b (I_o)$)
P. «Algo dividido por algo menor que uno es...».
- 76 [M][MD] A. «...Es mayor». ($M_b D_b$)
P. «Eso es, el incremento de t es mayor que el incremento de t'».
P. «En S' significa que hay un solo reloj».
- 77 [MS[FG]] A. «Pero se miden varios tiempos». ($M_a S_a (F_b G_a)$)
P. «Sí, pero en el mismo reloj». (se señala).
- 78 [M[O]] A. «Ah, sí». ($M_a S_o$)
P. «Al tiempo que se mide en el único reloj, incremento de t' se le llama propio, y los que están en incremento de x distinto de 0 impropio incremento de t». (Se dibujan). «Se dice que los relojes en movimiento retrasan».
P. «¿No va contra un principio?».
- 79 [MS[F]] A. (Comentan, silencio). ($M_c S_a (F_c)$)
P. (Se repite).
- 80 [M[F]] A. «Sí». ($M_a (F_b)$)
- 81 [MS[CCOI]] A. «Sí..., el de relatividad». ($M_a S_b (CC_a I_o)$)
P. «Sí, ¿cómo puedo decir que retrasa el que está en movimiento si no sé quién se mueve? ¿Cuál es entonces la diferencia...? Consiste en que el propio registra en un solo reloj, frente a los muchos relojes de S frente a los que pasa». (Ver dibujo).
- 82 [M] A. (Comentan). (M_c)
P. «Por ejemplo, éste marca las 5 y el otro las 5, y el otro las 5 y 5 pasa frente a otro que marca 5 y 6..., y puede moverse S y pasa igual, frente al único. La diferencia es esa...».
- 83 [M][M[FICC]] A. «¿Qué marca el de S'?» ($M_b (F_a I_a CC_b)$)
P. (Se repite el ejemplo). «Y lo que marca la diferencia entre gemelos (que uno viaja) es que uno lleva su reloj, frente a los relojes del Universo..., sea quien sea el que se mueva (el gemelo o la tierra con el Universo). ¿Está claro?».
A. (Asienten, comentan).
P. (Se repite algo).
A. (Asienten).
P. «¿Cómo se sincroniza un reloj?». (Ver hoja de apuntes). «Voy al patrón, lo pongo en hora, y vuelvo, ¿he sincronizado?».
- 84 [M] A. «No». (M_b)

- 85 [M[IFP]] P. «¿Por qué?».
A. «Porque tengo que restar el tiempo... del espacio». ($M_a (I_b F_a P)$)
- 86 [M[F]] A. (Comentan, dudan). (F_c)
P. «No, no es eso, eso no cambia la hora. Repito: voy y vengo, ¿he sincronizado?».
- 87 [M][M[IO]] A. «No». ($M_b (I_o)$)
A. «No».
P. «¿Qué pasa...? Me alejo».
- 88 [M[F]] A. (Hablan, discuten). ($M_c (F_b)$)
P. «Me muevo..., ¿qué le pasaa mi reloj?».
- 89 [MS[CC]] A. «Retrasa». ($M_a S_b (CC_a)$)
- 90 [M][MD[CC]] A. «Más pequeño». ($M_b D_b (CC_c)$)
- 91 [M] A. (Hablan entre ellos, preguntan). (M_c)

(Se indica en los apuntes el procedimiento mediante señal sin moverse).

(Fin de la clase).

(Se dan apuntes de lo que sigue).

Miércoles 22 de Noviembre de 2000: 3^{er} día

Hora: 9:10 de la mañana

Se graba la cara A.

Se empieza más tarde la clase de la hora señalada, por causa de un examen. En la actitud se nota cansancio y algunos hechos se muestra como (A) y (O).

Lo que se va a tratar es la aplicación de los nuevos esquemas de actuación, no obstante la guía que se ofrece ante los nuevos conflictos (como los que genera la medida de tiempos en sistemas distintos), es aceptada, y se combinan (M-F-I-G)... Lo que es muestra de una pauta en el comportamiento que ante el reto que supone aplicar lo que se aprende, imagina soluciones, la implicación (sustentada por la asociación M-F) es grande, además se emplean los recursos de una actuación metodológica (G), y la relación de conceptos (I) en el debate.

- P. El que viaja, ¿cambia su posición en su sistema?
- 1 [AD] A. «No» ($M_o D_b$)
P. Incremento de t' es igual a...
- 2 [MS[IO]] A. «cero». ($M_c S_b (I_o)$)
P. Así, incremento de t es igual...
- 3 [A] A. (Silencio; aún no se sitúan). (M_d)
P. ¿Quién mide tiempo propio, el de tierra?
- 4 [M[ICC]] A. «El que viaja». ($M_a (I_a) CC_b$)
P. Luego incremento de t es igual... (Se va escribiendo).
- 5 [AD[IO]] A. «Uno partido...y por incremento de t prima». ($M_o D_a (I_o)$)
- 6 [M[F]] A. «Y v^2 partido c por...». ($M_c (F_b)$)
P. ¿Cuál es el otro sistema: S?
- 7 [F] A. (Comentan). (F_c)
- 8 [M[F]] A. «Tierra». ($M_a (F_a)$)
P. ¿Sola? (Se dibuja el reloj que va y vuelve a la tierra en la nave...).
P. ¿Quién constituye S?
- 9 [M[F]] A. «La tierra...». ($M_b (F)$)
- 10 [F] A. (Silencio). (F_c)
P. Suponemos que hay estrellas.
- 11 [M[OI]] A. «Las estrellas». ($M_c (I_o)$)
P. Es decir, todo..., S es el Universo, todo, y ahora un reloj que pasa. (Se dibujan relojes).
- 12 [MS[OCCG]] A. «Por los otros». ($M_a S_b (CC_c G_o)$)
P. Está bien, eso es lo que diferencia los dos sistemas. ¿Y podemos decir que es la nave la que se mueve y no el Universo en sentido continuo?

- 13 [A[CCGO]] A. «No». ($M_o (G_o CC_o)$)
 P. Está claro, no se puede en principio diferenciar. (Es el Primer Postulado).
- (Se plantea la medida de tiempos entre naves separadas 3.105 kms.).
- 14 [M[IF]] P. ¿Cuánto vale el tiempo propio?
 A. «5,2». ($M_b (I F_b)$)
 P. 5 y 5 y 5 y 7.
- 15 [M][MS[CC]] A. «Dos segundos». ($M_b S_b (CC_b)$)
 P. Y el incremento de t impropio, ¿cuánto será?
- 16 [M[F]] A. (Dudan). ($M_b (F_b)$)
 P. Claro, no se puede saber; vamos a concretar: ¿puede marcar 5 y 6 segundos?
- 17 [MSO] A. «No» (varios). ($M_a S_b (CC_o)$)
 P. Porque eso es que están sincronizados y el tiempo impropio debe ser diferente.
- 18 [M][M[CC]] A. «Claro». ($M_b (CC_o)$)
 P. ¿Puede ser 5 y 4?
- 19 [MS[GCC]] A. «No, porque tiene que ser mayor». ($M_b S_b (GCC_a)$)
 P. ¿Y 5 y 10 segundos?
- 20 [MS[F]] A. «Sí». ($M_c S_b (F_b)$)
- 21 [M][MD[I]] A. «No». ($M_b D_b (I)$)
- 22 [M] A. «Sí». (M_o)
 P. Eso que se ve... Y si marca concretamente 5 y 9, ¿cuál es el tiempo (impropio)?
- 23 [MS[GCC]] A. «Puede ser 5 y 8». (Está bien, están separados $3 \cdot 10^5$ kms.). ($M_a S_b (G_b CC_a)$)
 P. Miden..., o se ve...
- 24 [MS[GCC]] A. «No, ve 5 con 9». ($M_a S_a (G_b CC_c)$)
- 25 [M][MD[ICC]] A. «Cinco con nueve..., pero lo que ve es 5 con 10». ($M_b D_a (I_b CC_c)$)
 A. (Discuten porque, por confusión, he puesto un segundo más de lo que es).
- 26 [MS[IG]] A. «Es que es la hora que era». ($M_a S_a (I G_b)$)

Jueves 23 de Noviembre de 2000: 4º día

Hora: 12:10 de la mañana

Se graba cara A y parte de la cara B.

(Se recuerda que la medida de tiempos es un fenómeno que «se ve», mediante señales).

- 1 [M[I]] A. «La posición de las agujas». ($M_a I_a$)
P. «Ahora aplicamos un proceso (un procedimiento) de medida». (Se dibuja una barra, de la que se va a medir su longitud, en S).
P. «Y pasa S' por delante, ¿por qué en S' será el tiempo propio?».
- 2 [MS[ICC]] A. «Es un único reloj». ($M_a S_a (I_a CC_a)$) *(8)
P. «¿Podemos afirmar que éste se mueve? (Señalo S)».
- 3 [M][M[GO]] A. «No». (Comentan, hablan). ($M_b (G_o)$) *(9)
- 4 [M[GCC]] A. «...que S' es el que se desplaza». ($M_a (G_a CC_b)$) *(9)
P. «Justamente, que es S' el que se desplaza en sentido contrario».
P. «¿Cómo mediré entonces?: Cuando pasa delante del reloj (de S')... el extremo A son (por ejemplo las 5), y cuando pasa el extremo B, ¿qué tiempo medirá el reloj?».
- 5 [MS[G]] A. «Pues, las cinco más lo que dé la longitud de la barra». ($M_a S_a (G_b)$)
P. «Eso es, por ejemplo las 5 y 5».
- 6 [MD][IO] A. «Espacio por tiempo». ($M_a D_b (I_o)$)
P. «Bueno, velocidad por tiempo; ¿y es un tiempo...?».
- 7 [MD[F]] A. «Incremento». ($M_a D_b (F_b)$)
P. «¿Propio o impropio?».
- 8 [M[ICCO]] A. «Propio». ($M_a (I_a CC_b O)$)
P. «Bueno, pues esa es la longitud de la barra (para S')».
A. (Asienten y hay asombro).
P. «¿Esa es la longitud de la barra cuando va en el otro sistema? Ahora pensamos que está en nuestro sistema S' (se dibuja) y S se desplaza (relativamente), y el extremo A pasa por el reloj que marca las 5 y cuando A llega aquí (se señala el dibujo) el B llega aquí. ¿Qué medirá el reloj (el otro), bueno, qué puede marcar?».
- 9 [MS[F]] A. (Dudan). «5,5». ($M_a S_b (F_b)$)
P. «¿Puede marcar 5,6?».
- 10 [MS] A. «Sí». ($M_a S_b$)
P. «¿Porque es propio o impropio?».
- 11 [M][M[FI]] A. «Propio». ($M_b (F_b I_a)$)
- 12 [M[CC]] A. «Impropio». ($M_a (CC_a)$)
P. «...Pasamos por delante..., ¿de acuerdo?... impropio, luego será mayor».
P. «¿Qué puede medir el segundo?: ¿5?».

- 13 [MS] A. «No». ($M_a S_b$)
P. «¿5,5?».
- 14 [MD[IO]] A. «No». ($M_a D_a (I_o)$)
P. (Se señala 5,6)
- 15 [M][M[F]] A. «Pero es que no lo sé, no lo entiendo». ($M_b (F_b)$)
P. «La cuestión es que si se aceptan los postulados, los tiempos de un reloj y otro son diferentes. ¿Lo pueden ver?».
- 16 [M[OICC]] A. «Sí». ($M_a (I_o CC_b)$)
P. «Entonces, ¿qué puede marcar?».
- 17 [MS[I]] A. «No entiendo por qué (se refiere al reloj de S'), sí puede marcar 5,5». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Bueno, es que marca los del otro caso que era 5,5».
- 18 [MD] A. «Claro». ($M_a D_a$)
P. «Es el mismo caso» (o ejemplo).
- 19 [M] A. «Claro». (M_c)
P. «Sí, ¿no lo había aclarado?... Y ahora el tiempo es tiempo impropio y la longitud será... que llamamos l' porque está en nuestro sistema S'».
- 20 [MS[CC]] A. «Por el tiempo impropio». ($M_a S_a (CC_b)$)
P. «Vamos ahora a dividir l/l' (simplificando), y teniendo en cuenta que el tiempo impropio es igual».
- 21 [MD[O]] A. «Propio». ($M_a D_a (CC_o)$)
P. «Partido por...».
- 22 [MD] A. «Raíz de uno menos...». ($M_c D_b$)
P. «Sustituyendo, $l: l'$ por...» (En confusión, hay que dividir).
- 23 [MS[I]] A. «Raíz de uno menos...». (Dudan). ($M_b S_b (I_b)$) *(3)
P. «Luego la l que mido fuera es igual a la de mi sistema dividido... Así l es...».
- 24[M][MDO[CC]] A. «Menor». ($M_b D_o (CC_b)$)
- 25 [MD] A. (Ratifican). ($M_a D_b$)
P. (Se rectifica la raya del quebrado). «Bueno, da lo escrito». (Es decir, $l < l'$ (contracción de Fitzgerald-Lorentz). (Mientras en el encerado se prepara el tema siguiente: Adición de velocidades, comprueban la expresión en el libro sobre la transformación de longitudes que acabamos de ver).
A. (Comentan y comparan con la expresión del libro).

(Se va siguiendo el relato de los apuntes).

- P. «La velocidad medida desde el sistema S' la llamamos Ux' y en S Ux , en la dirección de la v (relativa entre los sistemas), ¿de acuerdo?».
- 26 [A[I]] A. «Sí». ($M_o (I_a)$)

- 27 [M[FC]] P. «Por definición, ¿cuál será o a qué es igual Ux' en S' ?».
A. «Derivada de x con respecto al tiempo». ($M_a (F_b) C_b$)
P. « x' ».
- 28 [MDO] P. «Y tenemos para x' según la transformación de Lorentz...».
A. « $x' = \text{uno dividido por raíz...}$ ». ($M_a D_o$)
- 29 [M[I]] A. «y por x menos $v \cdot t$... dividido por c^2 ». ($M_a (I_b O)$)
P. «Bien».
- 30 [MD] A. «Sin dividir por c^2 ». (Rectifican). ($M_a D_b$)
P. «Se puede derivar x' respecto a t' ».
- 31 [M][MO[CTL]] A. «No». (Varios). (Comentan). ($M_b S_o (C_b TL)$)
P. «¿Por qué? Se ve que no es función». (Se cambia x' por x en la transformación). «Sin embargo, ¿ t' se puede derivar respecto a t' ?».
- 32 [MS[C]] A. «Sí». ($M_a S_b (C_b)$)
P. «Así para hallar lo que quiero derivar, primero x' respecto a t y luego t' respecto a t ... (siguen los apuntes) y luego simplifico (dividiendo)».
- 33 [AD] A. (Asienten). ($M_o D_b$)
P. «Y cuanto obtengo derivada de x respecto derivada de t que es Ux ».
- 34 [M][MD[G]] A. « v ». ($M_b D_b (G)$) *(16)
P. «Bueno, la llamamos Ux (para diferenciarlas de las de los sistemas)».
- 35 [M[I]] A. «Ah, bueno». ($M_b (I_b)$)
A. (Preguntan por la página a la que me refiero, ya que existe la del caso en que Ux está despejada y la de Ux').
P. «Caso de $Ux = \dots$ ». (Aunque se comenzó con Ux').
- 36 [MD[IO]] A. (Dictan) « $Ux = Ux' + v$ dividido por Ux , etc.». ($M_a D_b (I_a O)$) *(7)
- 37 [MS[F]] A. «¿Aquí despeja?». ($M_a S_b (F_b)$)
P. «Se distingue un caso de otro..., o Ux despejada cuando en este caso cuando el objeto y la velocidad de S' coinciden».
A. (Comentan).
P. «...habría que cambiar el signo si S' no tiene la velocidad en la dirección del objeto...».
- 38 [M][MS] A. «Sí». ($M_b S_b$)
P. «Subrayar la adición, ¿qué consecuencias tiene para velocidades pequeñas?».
- 39 [M[GCC]] A. «Que da igual... que la de adición». ($M_a (CC_a) G_a$) *(18)
P. «¿De Galileo?».
- 40 [A] A. (Asienten). ($M_o F_b$) *(18)
P. «Sí, para velocidades v pequeñas ese término es...».
- 41 [MD] A. «Cero». ($M_a D_b$)
P. «Y uno menos cero».

- 42 [M][MDO] A. «Es uno». ($M_b D_o$)
P. «Y U_{x+v} es una adición...».
- 43 [MDO][F] A. «De velocidades». ($M_a D_o (F_b)$)
P. «¿Clásica?».
- 44 [M][GO] A. «Sí». ($M_a (G_o)$)
P. «Mirais las U_y , ¿qué pasaba en la clásica, cambiaban las y ?».
- 45 [MD][I] A. «No». ($M_a D_b (I_a)$)
P. «También esto es nuevo o raro en Relatividad, e y z también se ven afectadas por una velocidad v (en la dirección x)».
A. (Silencio). (F_c)
P. «¿Qué consecuencia importante se deduce de esta adición?». (La cual ya se vio al principio de curso cuando se mencionó el Modelo relativista, cuyos Postulados -se dijo- eran los que daban una adición de velocidades que en contra del sentido común era la que era acorde con experiencias como la de Michelson o la de Airy o la de Fizeau, etc.).
P. «Vimos un ejemplo, cuando sumamos en clásica, por ejemplo $0,6c$ y $7c$, ¿qué se mide?». (Rectifico $0,7$ por 7).
- 46 [MD][OI] A. « $1,8c$ ». ($M_a D_c (I_o)$)
P. «¿Es posible?».
- 47 [M][FP] A. «Sí». ($M_a (F_b CC_d)$)
P. «¿Una velocidad mayor que la de la luz?».
- 48 [MS][F] A. (Silencio. Realmente aún no se ha significado el concepto). ($M_c S_b (F_c)$)
P. «Pero si utilizamos la adición relativista...».
- 49 [MD] A. (Dictan) « $0,4c + 0,7c$ dividido por... $0,4c$ más $0,7c$ por c dividido por c^2 ...». ($M_a D_a$)
P. «Se ve que da c , o menos que c . Por ello los postulados no sólo dicen que es constante sino...». (Ruido de la calle).
- 50 [M][CCG] A. «Es máxima». ($M_a (CC_a G_a)$)
P. «Luego, se puede obtener velocidades mayores que la de la luz».
- 51 [M][M][I] A. «Una noticia dijo que sí». ($M_b (I_a)$)
P. «Pero luego se rectificó (se refiere a una que se dio este verano); en realidad se refería a velocidades relativas, no de objetos materiales. De no ser así, se produciría que el principio de causalidad se transgrediría: se podría viajar al pasado, matar al propio abuelo y luego, ¿cómo nacer?».
- 52 [M] A. (Ríen y comentan). (M_a)
P. «Pero sí puede medirse velocidades relativas (mayores a la de la luz). Un ejemplo: una tijera de la Tierra a Marte».
- 53 [M][MS] A. «¿Cómo?». ($M_b S_b$)
P. (Se dibuja). «Y se hace accionar, la velocidad del punto de corte es mayor que la de la luz». (Se comprueba).
- 54 [M] A. «¿Sí?». (M_a)

- P. «Pero no es un punto material sino geométrico (no tiene materia)».
- A. (Comentan, mientras se dibuja ahora en el encerado el LINAC de los apuntes: acelerador lineal de partículas).
- P. «Así la velocidad de las partículas materiales está limitada. Lo que se comprueba experimentalmente; a los electrones que se les aplica una fuerza continua (mediante una diferencia de potencial), su velocidad irá... (se señala el esquema del LINAC)».
- 55 [MS[I]] A. «...Aumentando». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Estamos acelerando..., v aumenta..., el tiempo (en atravesar) cada vez es...».
- 56 [MS[G]] A. «Menor». ($M_a S_b (G_b)$)
P. «Pero si la velocidad se aproxima a la de la luz, el tiempo de vuelo en vez de disminuir queda...».
- 57 [M[IO]] A. «Igual». ($M_a (I_o)$)
- 58 [M][M[IF]] A. «¿Cómo puede ser eso?». ($M_b (F I_a)$)
P. «No aumenta su velocidad, y si lo conjugamos con que la energía se conserva..., ¿cómo se mantendrá el Principio de conservación? ¿Qué tienen los electrones?».
- 59 [M[I]] A. «Masa». ($M_a (I_a)$)
P. «Y la masa aumenta».
- 60 [MS[GPFTL]] A. «¿No es la masa constante?». ($M_a S_a (G_a P F_a T_l)$)
P. «Es constante para un sistema de referencia, pero respecto a otro puede, según la Relatividad, variar también».

(Termina la cara A. Sin grabar, se puntualiza que lo que aumenta es el parámetro con que la masa se identifica: la inercia u oposición a variar su estado. Y también se explica -siguiendo los apuntes- el procedimiento mediante un osciloscopio para medir los tiempos de vuelo de los electrones).

(Se recuerda la expresión de la energía como integral de F por dx, y la masa, antes constante, incluida en F en el Modelo Clásico, se sacaba fuera de la integral para alcular las expresiones clásicas de la energía cinética, está claro medida respecto al sistema para el cual el objeto se mueve, que es para el que asimismo la masa o su inercia aumentan ahora).

(Se graba la cara B).

- P. (Ahora veremos que la expresión de la energía ha de formularse) «en función de p (cantidad de movimiento)».
- P. (Se hace un resumen). «Veíamos que en el LINAC decíamos que los electrones a medida que aumenta su velocidad disminuye su...».
- 61 [MS[IO]] A. «Tiempo». ($M_b S_b (I_o)$)
P. «De vuelo..., pero hasta un límite, en el que su velocidad se aproxima...».
- 62 [M[I]] A. «A la de la luz». ($M_b (I_b)$)

- 63 [M[G]] P. «Entonces, el tiempo se hace...».
A. «Límite». ($M_b (G)$)
P. «Es decir, constante. Pero si mantenemos los Principios de Conservación de la Energía, y la velocidad no aumenta, ¿dónde va?».
- 64 [M[CCIO]] A. «La masa». ($M_a (CC_a I_o)$)
P. «Lo que nos hace pensar en una masa variable y vamos a ver cómo se relacionan masa y energía, ya que van a ser sustancialmente...».
- 65 [MS] A. «Proporcionales». ($M_a S_b$)
P. «No, no sólo, sino que van a ser... ».
- 66 [M[CC]] A. «Iguales». ($M_a (CC_a)$)
P. «Lo mismo».
P. «La energía antes la escribíamos como $F dx$, es decir, $dE=...$ ».
- 67 [MD[ICTL]] A. «Diferencial de la cantidad de movimiento partido diferencial de tiempo por dS ». ($M_a D_a (I_a C_a TL)$)
P. «En Clásica la masa salía...».
- 68 [MD[G]] A. «Fuera». ($M_a D_b (G_b)$) *(11)
P. «Porque era...».
- 69 [AS[CTL]] A. «Constante». ($M_o S_a (C_b TL)$)
P. «Y daba la energía en Clásica. Pero ahora, a partir de esta ecuación que integramos, la radiación tendrá una energía $E= \int dp \cdot c = pc$, es decir, $p= E/c$ ». (Se escribe en el encerado).

(El timbre señala el fin de la clase).

- 70 [M[CGO]] P. «Ecuación de la que partiremos el próximo día, en el sistema aislado (descrito en la hoja siguiente de los apuntes: Caja de Einstein desquiciada), por lo que al ser aislado, en él se conserva...».
A. «La energía». ($M_b (C_b G_o)$)
P. «También...».
- 71 [A[IGO]] A. «El momento». ($M_o (I_b G_o)$)
P. «Que es función del centro de masas: la aceleración del centro de masas es...».
- 72 [M][MS[G]] A. «Cero». ($M_b S_b (G_b)$)
P. «Y la V_{CM} ...».
- 73 [MD[G]] A. «Constante». ($M_c D_a (G_b)$)
P. «Así X_{CM} permanece...».
- 74 [M[F]] A. (Silencio). (Dudan). ($M_c F_c$)
P. «En el mismo sitio, punto del que partimos (a través de esa igualdad entre centros de masa) para llegar a la equivalencia buscada». (Están ya los otros alumnos de la clase).

(Es de señalar que al final de la dinámica los alumnos tuvieron noción del tratamiento del sistema de partículas, en donde se definió el parámetro centro de masas y vieron cómo la suma de fuerzas externas al sistema coincidía con la del producto de la masa total -suma de masas puntuales- por la aceleración del citado centro de masas, así que en los sistemas aislados -Fuerzas externas= 0- los alumnos, como se aprecia, han recordado que $a_{CM} = 0$, $V_{CM} = \text{constante}$, etc.).

Lunes 27 de Noviembre de 2000: 5º día

Hora: 9:10 de la mañana

Se graba cara A y parte de la B.

(Repasando el caso, experiencia, de acelerar electrones en el acelerador lineal LINAC, que aparece en sus apuntes, se hace un esquema en el encerado y se recuerda que se podía medir):

- 1 [M[I]] A. «Tiempo». ($M_b (I_b)$)
P. «Eso es, un cada vez menor tiempo de vuelo... Tiempo que para 2,8 m de longitud del LINAC se obtiene más o menos $3,3 \cdot 10^{-8}$ (como mínimo)».
P. (Se recuerda el procedimiento de medir tiempos tan pequeños). «¿Cómo se medía?». (Se señala la figura del osciloscopio).
- 2 [AS] A. (No se oye bien, pero creo que dicen «por la distancia entre los picos»). ($M_o S_b$)
P. (Y que consiste, o algo así, en...) «Si el aparato que lo registra y que se llama osciloscopio y que reduce a un tubo de televisión barrido por un haz de electrones con velocidades próximas al entorno de 10^{-7} m/s, por ejemplo, y entonces podemos decir que en 1 segundo se barren 10^{-7} m. Cada 10^{-7} de pantalla se representa 10 a la menos..., ¿en segundos?».
- 3 [MS] A. «¿ 10^{-2} ?». (Están pasando a centímetros). ($M_a S_b$)
P. «No, cada centímetro representaría...».
- 4 [MD[G]] A. « 10^{-7} ». (Se refiere al tiempo; puede no ser correcto en centímetros pero se ve que entienden que cada metro o centímetro representaría el inverso en tiempo). ($M_a D_b (G_b)$)
P. «Eso sí, así se midió: que los e^- acelerados aumentaban su velocidad, pero hasta un límite».
P. «Así tenemos (experimentalmente) que ningún objeto material puede alcanzar velocidades mayores que...».
- 5 [AO[GCC]] A. «...que la de la luz». (Se oye mal). ($M_o S_o (G_b CC_b)$)
P. «Hecho probado en los aceleradores de partículas. Y si ahora queremos mantener los Principios de Conservación, por ejemplo...».
- 6 [M[GTL]] A. «De la energía». ($M_a (G_a TL)$)
P. «¿Y/o?».
- 7 [AD[GO]] A. «Del momento». ($M_o D_b (G_o)$)
P. (Vamos a ver qué pasa). «Si el tiempo es relativo, la energía relativa..., pero los principios se mantienen...». «Vamos a conjugar esto. ¿Recuerdan la expresión de la energía? Es igual...».
- 8 [M[PTM]] A. «p». ($M_b (C_d T_m)$)
P. «¿O diferencial?».
- 9 [AD[OG]] A. «Diferencial». ($M_o D_b (G_o)$) *(2)
P. «Y partido...».

- 10 [MD[OIC]] A. «Diferencial de t». ($M_a D_b (I_o C_b)$) *(2)
P. «Lo que es la fuerza».
P. «Y..., ¿por?».
- 11 [A[FTM]] A. (dx no se oye casi). ($M_o (F_b T_m)$)
P. «¿Qué es dx/dt?».
- 12[M][MD[ICTL]] A. «v». ($M_b D_b (I_b C_b T_l)$)
P. «Se ha englobado en p el producto...».
- 13 [MD[GO]] A. «Masa y v». ($M_a D_a (G_o)$)
P. «Si es la luz (señalo la otra velocidad, la que surge de dx/dt), es...».
- 14 [MS[IO]] A. «c». ($M_a S_a (I_b CC_o)$)
P. «Así la integral de la energía será igual a p·c, que es la de la energía radiante como la luz o de las ondas electromagnéticas. Y de aquí deducimos la relación entre masa y energía. Para ello vamos a utilizar una experiencia teórica que llamamos (y señalo que la busquen en los apuntes)».
P. «Caja de Einstein».
A. (Comentan, buscan).
P. «En ella se considera que la radiación tiene ahora masa... (se dibuja). ¿Qué pasa con el sistema (trozo de caja) cuando la radiación se emite en esta dirección?».
- 15 [MS] A. «Retrocede». ($M_a S_a$)
- 16 [M[F]] A. (Otros). «Avanza». ($M_a (F_a)$)
P. «¿Cómo?».
- 17 [M][M[I]] A. «Retrocede». ($M_b (I_b)$)
P. «Por el principio de conservación del momento, retrocede (el lado 1 de la caja), y con velocidad v_1' y pierde una masa pasando de m_1 a m_1' , y lo mismo el 2, que pasa a tener..., ¿más o menos masa?».
- 18 [MS] A. «Más masa». ($M_a S_a$)
P. «¿El sistema es aislado?».
- 19 [A[F]] A. (Silencio). «Porque no...». ($M_o (F_b)$)
P. (No se entiende).
- 20 [M[GI]] A. «Porque no hay fuerzas». ($M_a (G_a I_a)$)
P. «Eso es; pero externas».
- 21 [A[IO]] A. (Asienten). ($M_d (I_o)$)
P. «La aceleración del centro de masas es (si no hay fuerzas)...».
- 22 [M][M[ICO]] A. «Cero». ($M_b (I_o C_b)$)
P. «Lo que significa, ¿la cantidad de movimiento y la velocidad (del centro de masas)?».
- 23 [A[IO]] A. «Constante». (Parecen cansados de responder). ($M_o (I_o)$)
P. «En este caso v es cero, como es constante seguirá siendo...».
- 24 [MD[GO]] A. «Cero». ($M_a D_a (G_o)$)

- 25 [AS] P. «Luego, ¿el centro de masas va a cambiar (de sitio)?».
 A. «No». ($M_o S_b$)
 P. «Así que $x_{CM} = x'_{CM}$ después de que la radiación ha pasado, y x_{CM} vale $m_1 x_1 + m_2 x_2$ partido $m_1 + m_2$. Así, si para x_1 , poniendo allí los ejes, vale cero y la longitud de la caja es l , ¿qué vale x_2 ?».
- 26 [M[IO]] A. «l». ($M_b (I_o)$)
 P. «Y ahora, después de pasar, x'_{CM} será $m'_1 x'_1 + m'_2 x'_2$ partido $m'_1 + m'_2$ ».
- 27 [M[F]] A. (Comentan). ($M_c F_o$)
 P. «Luego, tengo que hallar».
- 28 [MS[I]] A. «x'». ($M_a S_b (I_a)$)
 P. «Las primeras se conocen, tengo que hallar x'_1 y x'_2 con arreglo a la nueva expresión». (Supongo que señalo las que surgen de la Teoría de la Relatividad). « x'_1 es espacio, luego será...».
- 29 [M[IO]] A. «Velocidad por tiempo». ($M_a (I_o)$)
 P. (Supongo que escribo t o t_1). «Y x'_2 es...».
- 30 [AD] A. «Velocidad por tiempo». ($M_o D_b$)
 P. « t_2 , ¿qué es? ¿Es igual a t_1 ? ¿En qué se diferencian?».
- 31 [F] A. (Comentan). (F_o)
 P. «¿Cuál es la diferencia (señalo el dibujo, supongo)? ¿Son iguales?».
- 32 [M] A. «No». (M_o)
 P. (Se señala lo que pasa) «¿Cuántos segundos de diferencia empieza un lado a retroceder y luego llega la luz al otro?».
- 33 [MS] A. «La diferencia que tarda...». ($M_a S_b$)
 P. «En llegar».
- 34 [ADO] A. (Asienten). ($M_o D_o$)
 P. «¿Y qué tiempo es t' , el que tarda la luz expresado en espacio partido por velocidad?».
- 35 [M[F]] A. « p/c ». (Se confunden, es l/c). ($M_o (F_b)$)
 P. «¿Qué espacio se recorre?».
- 36 [MD[IO]] A. «l». (Varios). ($M_a D_o (I_o)$)
 P. «Partido por...».
- 37 [MS] A. « $3 \cdot 10^8$ ». ($M_a S_b$)
 P. «Eso es».
 P. «Pues con estos (resultados), lo que queda es averiguar v_1 y v_2 . En (el modelo) clásica, la masa era constante, ahora es función de la energía (señalo la ecuación $E = p \cdot c$). $E = \dots$ ».
- 38 [A[ICC]] A. (No se oye bien). «...por c ». ($M_o (I_b CC_o)$)
 P. «Se sustituye (en x'_1 y x'_2 , se sobreentiende) y luego en x_{CM} y x'_{CM} se iguala) y obtenemos: ... poniendo... en función de m'_2 es mayor $m'_2 - m_2$ igual a $m_1 - m'_1$ se ve que es igual a E/c^2 , siendo (cómo se vio) E la energía que se emite».

- P. «Así la Energía va a tener una identidad con la masa (a partir de este momento). Llamamos m a la variación de masa (incremento de m emitido). Escribimos $m \cdot c^2 = E$ ».
- 40 [MS[O]] A. «Pero, ¡es incremento!». ($M_a S_b (CC_o)$)
 P. «Se sustituye (en x'_1 y x'_2 , se sobreentiende) y luego en x_{CM} y x'_{CM} se iguala) y obtenemos: ... Pero poniendo... y en función de que m'_2 es mayor $m'_2 - m_2$ igual a $m_1 - m'_1$ se ve que es igual a E/c^2 , siendo (como se vio) E la energía que se emite».
 P. «Así la Energía va a tener una identidad con la masa (a partir de este momento). Llamamos m a la variación de masa (incremento de m emitido). Escribimos $m \cdot c^2 = E$ ».
- 41 [M][MD[F]] A. «Pero, ¡es incremento!». ($M_b D_b (F_b)$)
 P. «Sí, pero como escribimos una equivalencia puede aparecer escrita como $m \cdot c^2$ o como incremento de m , es decir: masa».
 P. «Resumiendo: Hemos conjugado por un lado la relación (se refiere a la fórmula $E = p \cdot c = m \cdot c$) de la energía del sistema en movimiento, en donde es sustituible o en función de...».
- 42 [MD] A. « $m \cdot v$ ». (Se oye mal). ($M_c D_b$)
 P. «Es decir, con la cantidad de movimiento, con los principios de...».
- 43 [MS[GO]] A. (Varios). «Conservación». ($M_a S_b (G_o)$)
 P. «Y la conjunción nos da una equivalencia entre la masa transportada (o que se ha trasladado) con la energía que se ha transportado o asimismo que es lo que representa la ecuación con la que ahora vamos a trabajar».
 P. «Pasamos a la otra hoja de los apuntes».
 A. (Comentan).
 P. «Partimos ahora por un lado de que $dE = v \cdot dp$, y por otro de que $E = \dots$, según acabamos de ver».
- 44 [M[ICCO]] A. « $m \cdot c^2$ ». ($M_a (I_o CC_a)$)
 P. «Por otro, en función de p , la masa es igual a...».
- 45 [M[I]] A. « p/v ». ($M_a (I_b)$)
- 46 [M[IF]CC] A. « $p \cdot c$ ». (Lo dicen simultáneamente; se refieren a la energía de un fotón). ($M_b (I_a F_b (CC_b))$)
 P. «Así la energía es igual a...».
- 47 [MD[CCO]] A. « $p/v \cdot c^2$ ». ($M_a D_b (CC_b O)$)
 P. «Vamos (porque conviene) a multiplicar E por diferencial de E ». (Se escribe según van dictando algo, pero no se oye; lo tienen delante en los apuntes).
 P. « $E = m \cdot c^2$, $m = p/v$; $dE = dp \cdot v$. Se simplifica, queda... E integrando: $\int E dE = \int c^2 p dp$ ».
- 48 [M][MD[G]] A. «Un medio de p^2 por $c^2 \dots$ » (dictan varios) «...más constante». ($M_b D_b (G_b)$)

- 49 [MD[GTL]] P. «Y la constante (¿cómo se halla?) se ve cuando p es...».
 A. «Cero». ($M_a D_b (G_b T_1)$)
 P. (Se usa un recurso general en el proceso de integrar y calcular constantes). «...La constante (vemos) es E en reposo y la llamo un medio de E_0 para luego poder simplificar». (Se tachan los c^2 dando la relación entre masas).
 (Se para la cinta, fin de la cara A. Sigo sin grabar hasta llegar a la ecuación $E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$).
 (Se explica que esta ecuación, entre otras cosas, es importante porque escrita $E^2 = p_x^2 c^2 + p_y^2 c^2 + p_z^2 c^2 + E_0^2$ es como $a^2 = b^2 + c^2$, y pregunto qué representa).
- 50 [MD[IOTL]] A. (De recuerdo). «Teorema de Pitágoras». ($M_a D_b (I_o T_1)$)
 (Se hace el dibujo en los ejes de un vector r de componentes x e y, y su relación pitagórica, y ya se apunta que E_0^2 despejado de la ecuación anterior es equivalente a r, que aunque se giren los ejes permanece invariante).
 (Se explica que la energía -por ejemplo la cinética derivada del movimiento relativo- curva el espacio (3D) y el tiempo 4D, y es como ver los objetos desde distintos ángulos. Se dibuja el ejemplo de la caja vista desde ángulos diferentes; la superficie, por ejemplo, es distinta desde cada posición del medidor 2D sobre un objeto de volumen constante).
 (Por aquí se empieza a grabar la cara B).
 (Se ha hecho el dibujo de la caja y se se ha adelantado que por ejemplo la medida de cosas con su superficie lateral es diferente según el ángulo desde la que se observa, lo que se mide en dos dimensiones; es diferente sobre un objeto con una magnitud -superficie- constante en tres dimensiones -el volumen-, por ejemplo).
 P. «Definitivamente, ¿qué es un invariante y por qué se miden ‘cosas’ diferentes en sistemas diferentes?». (Se escribe la ecuación del intervalo $s^2 = x^2 + y^2 + \dots$ (ict)²). (Para calcular lo mismo en el otro sistema me indican que tengo que sustituir x, y, etc., por su valor).
 P. «Por ejemplo, $x = \dots$ ».
- 51 [MD[IO]] A. «Uno partido por raíz de uno menos v^2 partido por c^2 , etc., e igual..., y t' igual a uno partido por uno...». ($M_o D (I_o)$)
 P. «...Y resulta que después, simplificando, va a dar el mismo valor para s^2 . Por eso decimos que es invariante».
 P. «Y vemos que significa lo que (se señala en el dibujo de un vector r y sus componentes x e y)..., en donde $r^2 = x^2 + y^2$ si en 2D se cumple».
- 52 [MO[I]] A. «Sí». (Asienten). ($M_o (I_b)$)
 P. «Ahora giro los ejes». (Se dibuja, señalo x e y). «¿Esto?».
- 53 [MS[IO]] A. «Sí». ($M_a S_b (I_o)$)
 P. «Bueno, Sara lo llama a, pero es lo mismo». ($a^2 = x^2 + y^2$).
 A. «Así es igual, $a = \dots$ ».

- 54 [MS[GO]] A. « $x'^2+y'^2$ ». ($M_a S_b (G_o)$)
P. «Que es lo que se ha mantenido invariable».
- 55 [MS] A. «a». ($M_a S_b$)
P. «Se ha mantenido constante al hacer...».
- 56 [MS[GCCO]] A. «Una rotación». ($M_a S_b (G_o CC_a)$)
P. «Lo que en realidad, vamos a decir ahora que, pasa al medir tiempos distintos o posiciones, por ejemplo, es que lo que hemos medido ha sido desde distinto ángulo».
A. (Comentan y están atentos).
P. «Y la Transformación de Lorentz se interpreta como lo que nos da el resultado de una rotación de ejes en el espacio-tiempo 4D, dándonos distintas coordenadas de ese objeto de cuatro dimensiones según el sistema de referencia o rotación hecha».
P. «Vamos a ver esto (otra vez según el ejemplo de la caja, se vuelve al dibujo y se pone valores a las aristas 3, 4 y 5). ¿Qué medirá el que ve la caja desde aquí?».
- 57 [MD] A. «Doce». ($M_a D_a$)
P. «¿Y el otro, el del otro ángulo, qué mide?».
- 58 [MOD] A. «Quince». ($M_o D_b$)
P. «¿Quién tiene razón?».
- 59[M][MS[CCIO]] A. «Los dos». ($M_b S_b (CC_a I_o)$)
P. «Pues eso es lo que pasa con la medida por ejemplo de tiempos que es una medida desde ángulos diferentes, y al mover un sistema respecto a otro, la energía a diferente (aunque) relativamente y se curvan el e-t de 4 dimensiones y se pueden dar medidas desde ángulos diferentes».
- 60 [M[GCCO]] A. «...¿que la energía?...». ($M_b (CC_b G_o)$)
P. «Se interpreta como que la energía es capaz de curvar el espacio-tiempo 4D y así obtenemos medidas en otras dimensiones (inferiores) diferentes de objetos que en 4D tienen un valor invariante como es el volumen en... (se señala el ejemplo)».
- 61 [M] A. (Asienten). (M_o)
P. «Si ahora en la ecuación (vuelvo a la de $E^2 = E_o^2 + t(pc)^2$) se sustituyen pc por el valor correspondiente, se obtiene la ecuación (de transformación) relativista (señalado en los apuntes): $E = E_o$ partido raíz cuadrada de $1 - v^2/c^2$, siendo E la energía que se mide para el sistema en movimiento. ¿Podremos escribirla en función de la masa? (según su equivalencia)». (Señalo).
- 62 [AS] A. «Sí». ($M_o S_b$)
P. «Así la masa en un sistema en movimiento m es igual».
- 63 [MDO[CC]] A. « m_o partido raíz cuadrada de $1 - v^2/c^2$...». ($M_a D_o (CC_b)$)
P. «El próximo día veremos aplicaciones (de esta ecuación)».

Martes 28 de Noviembre de 2000: 6º día

Hora: 12:10 de la mañana

Se graba cara A y parte de la B.

(Se comienza un poco más tarde de la hora -unos 10 minutos- por el examen en la clase anterior).

(Falta alguno).

(El tema que se va a desarrollar es una aplicación de las expresiones de masa relativista y la equivalencia entre masa y energía visto el día anterior).

(Se repasa al principio el origen de las fórmulas, ya que hoy se va a tratar la medida de longitudes).

- P. «¿Recuerdan la relación de tiempos derivada de la Transformación de Lorentz? Veamos el caso de tiempos propio e impropio, caso de que en un sistema los dos sucesos tienen lugar en el mismo sitio».
- 1 [MD] A. (Dictan varios). «Incremento de t es igual a incremento de t' partido raíz cuadrada de 1 menos v^2/c^2 ». ($M_c D_b$)
P. «Relación válida cuando incremento de x' era...».
- 2 [MS[IO]] A. (Murmullo, pero casi no se oye). «¿Igual, cero?». ($M_a S_b (I_o)$)
P. «En donde..., ¿cómo se llama incremento de t' ?».
- 3 [A[I]] A. «Propio». ($M_o (I_b)$)
P. «El que mide el único reloj».
- 4 [M[F]] A. «No». ($M_b F_b$)
- 5 [MD[O]] A. «Sí». ($M_c D_b (CC_o)$)
P. «Incremento de t' es el único reloj, e incremento de t ...».
- 6 [MS[IO]] A. «Impropio». ($M_a S_b (I_o)$)
P. «Y es lo que mide frente a...».
- 7 [M][MS[CC]] A. «Lo que pasa». ($M_b S_b CC_a$)
P. «El único reloj».
P. «Para medir ahora longitudes de barras desde sistemas diferentes... (Se indica la fórmula de transformación del libro). Para calcular incremento de l' en función de incremento de l , lo que hacemos en vez de dividir...».
- 8 [AD] A. «Multiplicar». ($M_o D_b$)

(No se analiza más esta cuestión porque la medida de longitudes es la que resulta de aplicar el método de medir tiempos en relatividad y anotar que un extremo es coincidente con el reloj de cada sistema, no considero sea necesario analizar más y que este tipo de medidas está fuera de la programación).

(Se va a profundizar, sin embargo, en la medida de masas y energías, y se parte de la ecuación de adición que se repasa, junto con los otros pasos que llevan a la equivalencia).

- P. «Recordamos..., ¿cuál es la adición de velocidades derivada de los Postulados?».
- 9 [MD(CCIO)] A. «Si v y u_x coinciden (en dirección), $u_x = u'_x + v / 1 - u'_x \cdot v$ ». ($M_a D_a (CC I_o)$)
P. «Partido...».
- 10 [AS] A. «...Por c^2 ». ($M_o S_o$)
P. «Y, ¿qué tiene de notable?».
- 11 [M][MS[CCG]] A. (Hablan entre ellos, silencio...). «Que es máxima. La velocidad de la luz...». (Hablan varios...). ($M_b S_b (CC_c G_a)$)
P. (El ejemplo de que sean c y c). «En la adición clásica, ¿qué da?».
- 12 [MD[IO]] A. « $2c$ ». ($M_b D_b (I_o)$)
P. «Pero ahora...».
- 13 [MD[I]] A. « $c + c / 1 - c^2 / c^2$...». (Se va resolviendo). ($M_a D_b (I_b)$)
P. «Es igual a...».
- 14 [MS[CCGO]] A. «A c ». ($M_a S_a (CC_b G_b O)$)
P. «¿Algún ejemplo o experiencia que lo confirma?».
- 15 [MS[I]] A. «...Que la velocidad de los electrones... no aumenta». ($M_a S_b (I_a)$)
P. «Eso es, se experiencia de la 'velocidad límite', ¿recuerdan? ¿Y qué medíamos o qué es lo que vemos? Se va a mantener constante...».
- 16 [A[IF]] A. «El tiempo». ($M_o (I_b F_b)$)
P. «Sí..., nosotros (veíamos)... llegamos al caso en que la velocidad no aumenta... Primero el tiempo».
- 17 [MS] A. (Hablan, comentan). «Cada vez era menor». (Se oye mal). ($M_a S_b$)
P. «Significa que al dar energía (a los electrones) si se llega a mantener (en un límite) la velocidad, es que otra cosa debería variar. ¿La masa?».
- 18 [M[FTM]] A. (Están descentrados, buscan en sus hojas). ($M_c (F_c T_m)$)
P. «Es decir, (el parámetro) que para escribir la energía (en función) de esa variación, lo que hay que considerar es...».
- 19[M][MD[GCO]] A. (Varios). «El momento». (Ahora se centran). ($M_b D_b (G_b C_o)$)
P. «Escribíamos entonces que $E =$ a la integral...».
- 20 [MD[CFTM]] A. «De p ». ($M_c D_a (C_a T_m F_b)$)
P. «Bueno, más bien diferencial de p , ¿y respecto?».
- 21 [AD] A. «El tiempo». ($M_o D_b$)
P. «¿Y?».
- 22 [MD[ICTL]] A. «Por diferencial de x ». (Se oye mal). ($M_a D_a (I_b C_a TL)$) *(2)
P. «Eso es». (Y ahora debo reagrupar términos).
P. «Es decir, integral de...».
- 23 [MS[G]] A. «Diferencial de $p \cdot v$ ». (Varios). ($M_a S_b (G_b)$)
P. «Lo que, cuando es la luz...».
- 24 [MS[CCG]] A. « $p \cdot c$ ». (Muchos). ($M_a S_a (CC_b G_a)$) *(2)

- 25 [AD] P. «Que es energía de los fotones».
P. «Y así, ahora p lo podemos escribir como».
A. «E dividido...». (No se oye). ($M_o D_b$)
P. «Dividido por v».
P. «Así nos sirve para calcular... v en la experiencia de ‘la Caja de Einstein’ y con ello y considerando que se trata de un sistema aislado..., por lo que su centro de masa es...».
- 26 [M[GFTM]] A. «Cero». ($M_a (G_a F_a T_m)$)
P. «No, lo que era es que es constante».
- 27 [MD] A. (Asienten). ($M_c D_b$)
P. «Lo que simplificando nos permitía escribir que la variación de masa (en cada extremo de la caja o transmitida) $m_2 - m'_2$ que es igual a la diferencia de las sub-l».
- 28 [M] A. «Sí». (Dictan algo que no se oye). (M_a)
P. «Igual a...».
- 29 [MS[CC]] A. «Energía partido por c^2 ». (Se oye mal). ($M_c S_b (CC_b)$)
P. «Así mantener los principios de conservación o que la posición del centro de masas es...».
- 30 [MD[CF]] A. «Cero». ($M_c D_b (C_b F_a)$)
P. «No cero, sino constante conduce a esta ecuación fundamental que es el Principio de equivalencia entre...».
- 31 [M[I]] A. «Energía». ($M_a (I_b)$)
P. «...Y...».
- 32 [M][M[CCO]] A. «Masa». (Comentan, ríen). ($M_b (CC_b)$)
P. «A partir de ahora podemos utilizarla...».
- 33 [MD[F]] A. «Pero, no es...». (Deben decir «incremento»). ($M_c D_b (F)$)
P. «Si es lo que ha variado la masa (del extremo 2 de la caja) al comunicarle esa energía. Así, dicha equivalencia representa que la energía se traduce en un aumento de masa equivalente. Por ejemplo, si camino respecto a ustedes, sistema respecto al cual me muevo, ¿qué pasa?».
- 34 [M][MS[CC]] A. «La masa aumenta». ($M_b S_b (CC_c)$)
P. «Y la energía E que vamos a llamar energía comunicad K que he adquirido es equivalente según $E = \text{incremento de } m \cdot c^2$, y que si se traduce en movimiento se llama energía cinética, aunque puede ser de cualquier otro tipo».
- 35 [M] A. (Comentan, hablan se ríen). (M_c)
P. «Seguimos repasando. Por un lado teníamos que la energía era E partido por v multiplicado por c^2 y por otro p·c». (Revisan los apuntes). «¿Se acuerdan que combinándolas obteníamos que la masa en movimiento m era igual a...?».

- 36 [MD[I]] A. «m partido por raíz de $1-v^2$ dividido por c^2 ». (Dictan muchos; no se oye si dicen sub-cero o prima). ($M_a D_b (I_a)$)
P. «Relación importante que entra en juego en la resolución de problemas y entre sistemas».
- 37 [MS[FCC]] A. «¿Cómo se distingue la masa en movimiento de la del..., esa misma en el sistema en reposo?». ($M_a S_a (F_b CC_a)$)
- 38 [MD[I]] A. «En la relación entre masa en movimiento y la del sistema...». ($M_a D_b (I_a)$)
P. «Es un concepto relativo». (Dibujo: dos sistemas S y S' y en S' está situada la masa m'). «Esta es una masa que en uno es la masa m' en su sistema ».
- 39 [M] A. (Silencio; comentan, ríen). (M_c)
- 40 [MS[F]] A. «¿Para quién?». ($M_a S_b (F_b)$) *(12)
P. (Además, he dibujado con M la masa del sistema S). «Sí, ese es el problema para mí (que soy S')».
- 41 [MS[I]] A. «m'». ($M_a S_b (I_a)$) *(13)
P. «Eso es..., y la llamamos m_0 ».
P. «¿Y para S?».
- 42 [MS[CC]] A. «m». ($M_a S_b (CC_b)$)
P. «Eso es lo que significa esa relación. Pero como el movimiento es relativo, la masa M (m mayúscula que he asignado a S) vale más para S'».
P. (Lo que explico se traduce, explico que...) «...Al laminar por ejemplo mi masa m_0 en el impacto con algo (por estar en movimiento relativo con ello) percibe una masa m (mayor) y el otro objeto (la silla, por ejemplo) para mí es la que ha aumentado de su masa, porque para mí es el otro el que se mueve, y el impacto se percibe 'mayor', es más inercial».
- 43 [M][MS[CC]] A. «Para ti es la silla la que se mueve, y la que aumenta su masa». (No se oye bien). ($M_b S_a (CC_a)$)
P. «La que tiene más masa». (No es que su masa aumente, para S' su masa es m, para ella que es S' es m_0).
- 44 [M] A. (Comentan). (M_c)
P. «Recíprocamente, para S su masa (M) es la m_0 y para S' es m».
- 45 [M] A. (Asienten). (Insisten en preguntar, no se oye bien). (M_c)
P. «Si el objeto es éste (una tiza que traslado) mido una masa m_0 ; y si la dejo sobre la mesa, y me muevo relativamente a ella, 'mido' una masa mayor».
- 46 [F] A. (No se oye bien; ¿asienten?). (F_c)
P. «Y para ella soy yo quien aumenta de masa».
- 47 [MS[GCC]] A. «Siempre es (se oye mal) para el otro sistema la masa mayor». ($M_a S_b (CC_a G_b)$)
P. «Claro, para el propio m_0 , y ese aumento se traduce en la fuerza mayor que habría que hacer para pararla (no sólo por el hecho de moverse, sino por el aumento de su inercia)».

- A. (Comentan y se explican, se oye mal).
P. « $m = 2m_0$, ¿lo podemos escribir, no?»».
- 48 [AS[IO]] A. «Sí». ($M_o S_b I_o$)
P. «Así, $2m_0 = m_0$ partido raíz cuadrada de $1 - v^2/c^2$ ».
- 49 [MD[IO]] A. «Sí». ($M_c D_b (I_o)$)
P. «Simplificando, $4 = 1/1 - v^2/c^2$ y...».
- 50 [M] A. (Asienten). (M_a)
P. «Despejando...».
- 51 [MS[F]] A. «¿Por qué 4?» ($M_a S_b (F_b)$)
P. «Se quita la raíz y se eleva al cuadrado, y para...».
- 52 [MDO] A. (Dictan el resultado). ($M_a D_o$)
P. «Ahora, cómo haríamos un problema en el que decimos: Un objeto que tiene (en reposo) masa m_0 por ejemplo con velocidad de S' , se mueve respecto a un sistema (o éste) con velocidad v . ¿Cuál es su cantidad de movimiento (medida) por el sistema respecto al cual se mueve?».
- 53 [M[I]] A. « $m \cdot v$ ». ($M_a (I_a)$)
P. «Y m...».
- 54 [M][MD[CC]] A. (Dictan muchos) «Igual a m_0 partido por raíz de $1 - v^2/c^2$ ». ($M_b D_b (CC_c)$)
P. «Así que la cantidad de movimiento (escrito) es esto por v . ¿Fácil, no?».
P. «Ahora el caso más complejo, el de las hojas, aunque se trata de un problema teórico. ¿Lo veis?».
A. (Buscan y comentan).
P. «Vamos a ver el enunciado: Se supone que a una partícula se le comunica una energía (conocida) por ejemplo en un acelerador de partículas, y que normalmente va a venir dada por el producto $q \cdot V$, o energía eléctrica... Y además conocemos la masa en el sistema en el que la partícula está en reposo, m_0 . ¿En Física Clásica se acuerdan?».
- 55 [A[F]] A. « $m \cdot v$ ». ($A_a (F_b)$)
P. (Se repite la pregunta).
- 56 [AO[I]] A. «Un medio de la masa por la velocidad al cuadrado». ($M_o (I_b)$)
P. «Y de aquí podría calcular la velocidad. ¿Pero, cómo calculo ahora la velocidad? Lo que sé ahora es que la energía es igual...».
- 57 [MD[CC]] A. (Varios). «Incremento de la masa por c^2 ». ($M_a D_o (CC_a)$)
P. «¿Pero, a qué es igual la variación de masa incremento de m ?».
- 58 [AD] A. « $A m - m_0$ ». (Tienen los apuntes delante). ($M_o D_b$)
P. «¿Y esta masa m a qué es igual?».
- 59[M][MD[GOCC]] A. « m_0 partido por raíz de 1...». ($M_b D_b (G_o CC_b)$)
P. «¿Menos?».
- 60 [M[IO]] A. « m_0 ». ($M_b (I_o)$)

- 61 [MD[G]] P. «Y todo...».
 A. «multiplicado por c^2 ». ($M_b D_b (G_b)$)
 P. «Conozco K, que es la energía, y no hay más que hacer esta operación (para despejar v)».
- 62 [M][MS] A. (Se ríen y exclaman porque nos les parece tan fácil despejar). ($M_b S_b$)
 P. «Así». (Les indico que empiecen a despejar).
- 63 [MD[CC]] A. « $1+K$ dividido por m_0 partido c^2 es igual a raíz de $1+v^2$ partido por c^2 ». ($M_a D_b (CC_b)$)
 P. «Luego se eleva al cuadrado, se pasa esta allí..., y se obtiene el v^2 igual a...».
- 64 [MD] A. (Dictan, se integra alguno más). ($M_c D_b$)

(Fin de la cara A, no se graba más).

(Sigue la clase -que queda muy poco-, escribo en la ecuación de la energía cinética o comunicada K la forma -que ellos tienen desarrollada- que matemáticamente es aproximada a una serie de términos, y pregunto qué pasa con los términos que siguen al e^- si v es muy pequeña frente a c).

- 65 [MS] A. (No está grabándose). «Son despreciados o 'se anulan'». (Dicen algo así). ($M_c S_b$)
 P. (Indico que lo que queda entonces coincide con la expresión clásica de la energía cinética).

Miércoles 29 de Noviembre de 2000: 7º día

Hora: 9:10 de la mañana

Se graba cara A y parte de la B.

(Se repasan los conceptos de masas y energía relativistas, se van a resolver casos).

- P. «Los Postulados nos han llevado a una concepción del espacio, el tiempo y la energía diferente a lo que estábamos acostumbrados y fundamentalmente a una equivalencia masa-energía en que tenemos $m \cdot c^2 = E$, donde m representa la masa total y E su energía asociada». (Se dibujan sistemas S y S' y la masa en S' es la masa medida desde el sistema S).
- P. «¿Podemos decir cuál se mueve?». (Se van dibujando los sistemas).
- 1 [M[G]] A. «No». ($M_a (G_a)$)
P. «Un movimiento relativo».
- 2 [M[I]] A. «v». ($M_a (I_b)$)
P. «Para el sistema S' tenemos una masa que es la que llamábamos...».
- 3 [M[G][I]] A. « m_0 ». ($M_a (G_b I_b)$)
P. «Bueno, quiere decir m_0 , ¿no?».
- 4 [M] A. (Asienten). (M_c)
P. «Sin embargo, el sistema S mide para ese objeto una masa...».
- 5 [MS[GCC]] A. « m ». ($M_a S_b (G CC_a)$) *(4)
P. «Este (señalo en el encerado) sistema mide m_0 y éste m . Así que la energía que S' mide para m_0 ...».
- 6 [M][MS[GCC]] A. « m_0 por c al...». ($M_b S_b (G_b CC_b)$)
P. «Ahora, llegamos a la relación relativa entre m y m_0 . Era...».
- 7 MD[IO] A. « m igual a m_0 partido por raíz de 1 menos v^2 partido por c^2 ». ($M_a D_a (I_0)$)
P. «Que es la relación entre el valor de la misma medida por sistemas diferentes. Pero el sistema S tiene a su vez una masa (por ejemplo M_0) y que para S' será...».
- 8 [MS[CC]] A. « m ». ($M_a S_a (CC_a)$)
P. «Es decir, la mayor inercia piensa cada uno que en (por ejemplo) un choque la presenta el otro... No es un concepto absoluto. La medida es para uno y para S' es...».
P. «Todas las masas en movimiento por haber adicionado energía aumentan su masa, sea cual sea la energía (tipo) sea por ejemplo potencial. Como vimos en el problema (esa energía comunicada según se expresa en la hoja de apuntes). $K =$ incremento de $m \cdot c^2$ es la correcta».
- 9 [M[GO]] A. «Sí». ($M_c (CC_0 G_b)$)
P. «Ahora toda la energía la escribíamos en función... Podemos establecer que toda la energía que comunicamos representa el aumento de masa que experimenta al sistema según...».

- 10 [M][ICC] A. « $m-m_0 \cdot c^2$ ». ($M_a (I_a CC_a)$) *(14)
P. «Lo cual es importante porque de lo que (como datos) normalmente disponemos es de esa energía comunicada y de la masa en reposo. ¿Y sobre la forma de relacionarla con la velocidad, recuerdan cuál era la fórmula en Física Clásica?».
- 11 [MD][G] A. « $E= 1/2 \cdot m \cdot c^2$ ». ($M_a D_b (G_a)$)
P. «Pero ahora utilizamos la que..., en función de m escribimos».
- 12 [MD][GCC] A. « $m \cdot c^2 - m_0 \cdot c^2$ ». ($M_a D_b (G_a CC_a)$) *(17)
P. «Y así con m con el valor de...».
- 13 [M][I] A. «...Está también ahí». ($M (I_b)$)
- 14 [MD][I] A. (Señalan m_0 partido por raíz cuadrada de $1-v^2/c^2$). ($M_a D_a (I_b)$)
P. «Esa es la expresión relativista de m, sustituyendo así: $K=m_0$ partido por raíz cuadrada de $1-v^2/c^2$ menos m_0 ». (Me olvido de escribir c^2).
- 15 [M][MS] A. «¿No falta c^2 ?». ($M_b S_a$)
P. «Sí, y se opera sacando factor común a $m_0 c^2$ ».
- 16 [M][MS][CC] A. «¿Y v^2 es la de m?». ($M_b S_a (CC_b)$)
P. «Es eso, viene ligada la masa m a esa velocidad o energía comunicada». (Se escribe $m_0 c^2$ multiplicado por 1 partido raíz cuadrada de $1-v^2/c^2$ y esto último menos 1). «Y despejando de ahí, ahora se obtiene la velocidad que alcanza (con esa energía)».
P. «Expresión que desarrollada se escribe... (la de los apuntes). Y fíjense si ahora v es muy pequeña frente a c en estos términos v^4/c^4 ...».
- 17 [MD] A. «Se anula». ($M_a D_b$)
P. « v^6/c^6 son prácticamente...».
- 18 [M][MD][IO] A. (Varios). «Cero». ($M_b D_b (I_o)$)
P. «Y el primero, v^2/c^2 , ¿se anula?».
- 19 [MS] A. (Varios). «No». ($M_a S_a$)
P. «Se ve que v^2 y c^2 se anulan, y esto fíjense qué forma tiene».
- 20 [M][ICC] A. « $1/2 \cdot m_0 \cdot v^2$ ». ($M_a (I_a CC_b)$)
P. «Se dan cuenta que ésta es la expresión e la energía cinética clásica, ¿no?».
- 21 [MS][G] A. «Es lo mismo». ($M_a S_b (G_a)$)
P. «Para velocidades pequeñas, podremos prescindir de estos términos (señalo), y tenemos la expresión clásica, ¿no?».
- 22 [A][G] A. «Sí». ($M_o (G_a)$)
P. «Así, a la vista de esto, cuando comunicamos una energía a un sistema, la velocidad que adquiere es mayor según la expresión clásica o según la relativista...».
- 23 [M][M][ICCF] A. «En la relativista». ($M_b (I_a CC_b F_b)$)
- 24 [MS][CC] A. «En la clásica, porque no cuentan términos». ($M_a S_b (CC_b)$)

- 25 [MS] P. «Si considero la clásica, es esta fórmula sin estos términos».
A. «Yo creo que es mayor en la clásica». ($M_a S_b$)
P. «¿Y los demás?».
- 26 [M][M] A. «Yo también». (M_b)
- 27 [A] A. «En la clásica». (M_o)
P. «Bueno, hay más a favor de la clásica... Vamos a ver si a los términos que llamamos energía añadida los paso al otro lado queda menor energía para la expresión clásica».
A. «Claro, claro».
P. «¿Qué energía es mayor?».
- 28 [M][I] A. «La de arriba (clásica)». ($M_a (I_b)$)
P. «Luego, al usar la ecuación clásica se comete un error, ¿por defecto por exceso?».
- 29 [A][D] A. (Varios). «Por exceso». ($M_o D_b$)
P. «Lo que tiene lógica, dado que según el modelo Relativista v tiene un límite».
A. (Comentan entre ellos y dicen). «Como de pequeños para que dé igual». (Se refieren a cuando es necesario tener en cuenta la corrección).
- 30 [MD][GCC] A. «Es cero». (Ríen y comentan sobre la velocidad que en lo cotidiano habría que alcanzar para que fuese relevante). ($M_b D_a (G_b CC_b)$)
P. «Por ejemplo, son necesarios estos términos a considerar en los aceleradores de partículas, ciclotrón, etc.».
A. (Comentan).
P. «Otras cosas... ¿Cómo será ahora la cantidad de movimiento asignada a un sistema en movimiento?». (Está en el libro).
- 31 [M][I] A. « $m \cdot v$ ». ($M_a (I_a)$)
P. «Y entonces...».
- 32 [MD][GCC] A. « m_o partido por raíz de 1 menos v^2/c^2 y por v ». ($M_a D_b (G_b CC_c)$)
P. «Eso es, ahora ya tenemos formas para trabajar con las nuevas expresiones».
A. «Una pregunta sobre si será más fácil o difícil...».
P. «Bueno, más o menos».
- 33 [M] A. «Es relativo». (Se ríen). (M_o)
P. «Por ejemplo (repasando en relación a la medida de cosas como los tiempos) uno del libro (se refiere a los primeros que relacionan tiempos). Recordamos que en sistemas diferentes el tiempo era... en S' donde el reloj marca para dos sucesos».
- 34 [MD][CC] A. «Incremento de t' ». ($M_a D_b (CC_b)$)
P. «Y es el propio, y en $S...$ ».
- 35 [M][MD][I] A. «Incremento de t ». ($M_b D_b (I_b)$)

- 36 [M[ICCO]] P. «Y decimos que es...».
A. «Impropio». ($M_b (I_o CC_b)$)
P. «Y diferentes, dándose que el propio era menos que el impropio». (Y ahora, sobre los datos en el encerado del problema del libro, que da la potencia gastada en un año y pide la masa equivalente).
- 37 [MD[F]] A. (Discuten sobre el exponente, si el exponente está expresado correctamente). ($M_a D_b (F_b)$)
P. «Definitivamente...». (Se hacen operaciones). «1 día²= 3600·360... La energía será 500/10⁶·360... En julios...»
P. «Bueno, cómo se calcula la masa».
- 38 [MD[GCC]] A. «m será igual a esa energía partido por c²». ($M_a D_a (G_a CC_a)$) *(12)
P. «Incremento de m mejor».
- 39[MS[FGCCTM]] A. «¿No sería m₀ partido por raíz...?». ($M_a S_a (G_b F_a CC_a T_m)$)
P. «No, porque no está en juego el movimiento. El movimiento lo usamos (en teoría, me refiero) para calcular dicha equivalencia. Lo que ahora aplicamos a este incremento de masa viene ahora en forma de cualquier energía..., y usamos aquí la que nos dan de forma diversa. Pero no hay que perder de vista la relación de estas medidas, como sucede con un reloj ligado a S' o para cualquier reloj de S que yo elija y que ahora el de S pasa a ser el propio».
- 40 [MS[CC]] A. «Es decir, depende de la elección». ($M_a S_b (CC_a)$)
P. «Otro ejemplo: Un filamento frío o incandescente, ¿tendrán la misma masa respecto a nosotros?».
- 41 [MS] A. «No». ($M_a S_b$)
- 42 [M][MO] A. «Distinta». ($M_b S_o$)
P. «¿Tiene el incandescente más masa?».
- 43 [MS[CCO]] A. «Sí». ($M_a S_b (CC_a O)$)
P. «Bueno, vamos a analizarlo. La temperatura significa más movimiento de moléculas y partículas atómicas, un sistema que se mueve, como esta tiza (moviéndose respecto a la clase)».
- 44 [M[CC]] A. «Más masa». ($M_a (CC_a)$)
P. «Y ahora la pongo más alta». (Se sube).
- 45 [M[IC]] A. «Tiene más energía potencial». ($M_b (I_b C_a)$)
P. «Lo que se traduce...».
- 46 [MO[CC]] A. «En el aumento de masa». ($M_a S_o (CC_a)$)
P. «Y la masa asociada será m= E... partido por c²».
A. «¿Partido?».
- 47 [MS[F]] A. (Se oye mal). «¿Y cómo se puede comprobar?». ($M_a S_b (F_b)$)
P. «Por el hecho de estar el objeto aquí (más alto) tiene más energía o masa».
- 48 [M][MS[F]] A. «¿Pero, cómo se ha medido?». ($M_b S_b (F_b)$)
P. «Un ejemplo en este sentido... De hecho las reacciones nucleares se

basan en que los núcleos chocan, se rompen y resulta que la energía de enlace (energía nuclear) es energía debida a la masa, masa que se libera por ejemplo en forma de calor. Un núcleo tiene menos masa que la de sus partículas sueltas, que es la energía de enlace y esa energía proviene de esa masa o diferencia de masa. Ejemplo: el Betatrón se construye para obtener del choque de dos protones que primero tienen energía cinética, luego chocan y se ‘paran’; esa energía cinética respecto del laboratorio, ¿dónde va?».

49 [MS[CCF]] A. (Comentan). «A los protones». ($M_a S_b (F_b CC_a)$)

(Fin de la cara A, comienza la cara B).

P. «La energía cinética, y que se ha conseguido sea suficientemente grande, sirve de hecho para obtener una nueva partícula; bueno, de hecho se crean dos, ya que cada materia se acompaña de su antimateria».

50 [M[IF]] A. «¿Materia?». ($M_a (I_o F_b)$)

P. «Pero desde el punto de vista del laboratorio, ¿quién se para?». (No está adecuadamente planteado que el proceso es relativo, pero lo entienden).

51 [MS[O]] A. «Nosotros». ($M_a S_b (CC_o)$)

52 [M][M[F]] A. «El lugar». ($M_b (F_b)$)

P. «¿Quién libera la partícula?».

53 [M[IFP]] A. «El laboratorio». (Comentan, ríen). ($M_a (I_b F_b P)$)

P. «Hasta ahora la materia se conservaba inmutable, y ahora (la idea) la masa como masa constante desaparece. En energía como la nuclear, como en el problema que para una potencia de... se ha perdido una materia como Uranio (por ejemplo) u otra cosa en un equivalente en masa, el de los gramos (calculado). ¿Se entiende o se lo creen?».

A. (Asienten, comentan).

P. «Otro problema del libro: ¿Cuál es el momento lineal de un electrón que se mueve con velocidad $v=0,6c$ y su energía en reposo es $0,5 \text{ MeV}$? ¿Y así un eV es? $e=$ carga del electrón».

54 [MD[I]] A. « $1,6 \cdot 10^{-19}$ ». ($M_a D_b (I_b)$)

P. «Para un voltio $eV=1,6 \cdot 10^{-19}$ julios». (Dictan, pero se oye mal).

A. «Así la energía en reposo será».

55 [MD] A. (Dictan, pero casi no se oye). ($M_c D_a$)

P. «¿Y su cantidad de movimiento?».

56 [M[IGO]] A. « $m \cdot v$ ». ($M_a (I_a G_o)$)

P. «Así será».

57[M][MD[ICCO]] A. « m_o partido por raíz de uno menos v^2 partido por c^2 y por v ». (Dictan muchos). ($M_b D_a (I_o CC_b)$)

P. «Eso es».

- 58 [MS[FCC]] A. «¿La v es la misma?». ($M_a S_a (F_b CC_a)$)
P. «Claro, claro; ¿ésta, no?». (Medido por el sistema respecto al que se mueve).
- 59 [M] A. «Esto se lo dan (debo referirme a v)». ($M_a S_b$)
P. «¿Y m_0 se lo dan?».
- 60 [MDO[F]] A. « m_0 ». ($M_b D_o (F_b)$)
P. «¿Pero qué masa?».
- 61 [MS[ICC]] A. «La masa en reposo». «A ver». ($M_a S_b (I_a CC_c)$)
P. «Luego será igual. Tenemos $0,5 \cdot 1,6$ partido por ».
- 62 [MS[GCC]] A. «...De la velocidad de la luz». ($M_a S_a (G_b CC_a)$)
- 63 [MS] A. «Al cuadrado». (Varios). ($M_a S_b$)
P. «Bueno, pues ya está hecho. Así de fácil, ¿no?».
A. (Comentan).
- 64 [M][MS] A. «¿La velocidad de la luz se va, no?». (Se simplifica). ($M_b S_b$)
P. «Sí, normalmente se procura que sea así».
P. «Queda raíz de 1 menos...».
- 65 [MD[F]] A. «¿Cómo sabemos...?». (Se refieren a un dato). ($M_a D_b (F_b)$)
P. «Esto se lo dan». (Y se señala).
- 66 [MS[C]] A. «Ah, claro». ($M_c S_b (C_a)$)
P. «La energía en reposo, ya que se conoce su masa (del electrón) y por $1,6 \cdot 10^{-19}$ y por 10^6 y por 1 voltio...».
- 67 [MD] A. «¿Por qué pone por 10^{13} ?». ($M_a D_b$)
P. «Es que está equivocado (en el libro), pone 13 y es -13; esta conversión la teneis en la página 324, ¿lo veis? Es -13».
P. «Así la energía del electrón es esa, y para calcular su energía cinética...».
- 68 [M[CC]] A. « $m \cdot c^2$ ». ($M_a (CC_c)$)
P. «Eso es, y...».
- 69 [MSO[CC]] A. «menos $m_0 \cdot c^2$ ». ($M_b S_b O (CC_a)$)
P. «¿ m es?».
- 70 [MD[IOCC]] A. « m_0 partido por la raíz cuadrada de uno menos v^2/c^2 ». ($M_a D_a (I_o CC_b)$)
P. «Y como $m_0 \cdot c^2$ (conocido) sacado factor común es esto..., v será igual a...».
- 71 [MD] A. (Asienten). ($M_c D_b$)

(Suena el timbre y termina la clase).

P. «El siguiente es el 20, la energía en reposo es..., es decir, la $m_0 \cdot c^2$, su energía cinética es 1,876 MeV. ¿Qué se puede calcular? 1,876 es igual...».

- 72 [M][MD[FO]] A. «a $m \cdot c^2$ o...». ($M_b D_b (F_b O)$)

- 73 [MS[CC]] A. «...incremento de $m \cdot c^2$ ». ($M_a S_a (CCb)$)
 P. «Es decir, es igual a esto menos esto».

(Fin de la clase. Entra el resto del grupo).

5º día. Lunes 27 de Noviembre de 2000, hora 9:10

Al comienzo se repasa la experiencia del LINAC, y apenas hay intervención, luego el proceso entre teórico y analítico combina preferentemente los tipos (A), (O), (D) y (G).

- 3 [MS] A. «¿ 10^{-2} ?». (Están pasando a centímetros). ($M_a S_b$)
 P. «No, cada centímetro representaría...».
- 4 [MD[G]] A. « 10^{-7} ». (Se refiere al tiempo; no sé si es correcto en centímetros pero se ve que entienden que cada metro o centímetro representaría el inverso en tiempo). ($M_a D_b (G_b)$)
 P. «Eso sí, así se midió: que los e^- acelerados aumentaban su velocidad, pero hasta un límite».
 P. «Así tenemos (experimentalmente) que ningún objeto material puede alcanzar velocidades mayores que...».
- 5 [AO[GCC]] A. «...que la de la luz». (Se oye mal). ($M_o S_o (G_b CC_b)$)
 P. «Hecho probado en los aceleradores de partículas. Y si ahora queremos mantener los Principios de Conservación, por ejemplo...».
- 6 [M[GTL]] A. «De la energía». ($M_a (G_a T_1)$)
 P. «¿Y/o?».
- 7 [AD[GO]] A. «Del momento». ($M_o D_b (G_o)$)

En lo más analítico de la teoría se suceden los tipos en (O). (D) también se muestra en una etapa en que ya ha avanzado la instrucción, junto al uso de variables (I) y (G) que es constante:

- P. (Vamos a ver qué pasa). «Si el tiempo es relativo, la energía relativa..., pero los principios se mantienen...». «Vamos a conjugar esto. ¿Recuerdan la expresión de la energía? Es igual...».
- 8 [M[PTM]] A. «p». ($M_b (C_d T_m)$)
 P. «¿O diferencial?».
- 9 [AD[OG]] A. «Diferencial». ($M_o D_b (G_o)$) *(2)
 P. «Y partido...».

- 10 [MD[OIC]] A. «Diferencial de t ». ($M_a D_b (I_o C_b)$) *(2)
P. «Lo que es la fuerza».
P. «Y..., ¿por dx ?».
- 11 [A[FTM]] A. (dx no se oye casi). ($M_o (F_b T_m)$)
P. «¿Qué es dx/dt ?».
- 12 [M][MD[I]] A. « v ». ($M_b D_b (I_b T_l)$)
P. «Se ha englobado en p el producto...».
- 13 [MD[GO]] A. «Masa y v ». ($M_a D_a (G_o)$)
P. «Si es la luz (señalo la otra velocidad, la que surge de dx/dt), es...».
- 14 [MS[IO]] A. « c ». ($M_a S_a (I_b CC_o)$)

Se sigue un proceso que aunque teórico pueden controlar, lo que genera la participación (M-S-F), por lo complejo y que algo se repite, también se dan episodios en (O) y (A).

- 23 [A[IO]] A. «Constante». (Parecen cansados de responder). ($M_b (I_o)$)
P. «En este caso v es cero, como es constante seguirá siendo...».
- 24 [M[DGGO]] A. «Cero». ($M_a D_a (G_o)$)
P. «Luego, ¿el centro de masas va a cambiar (de sitio)?».
- 25 [AS] A. «No». ($M_c S_b$)
P. «Así que $x_{CM} = x'_{CM}$ después de que la radiación ha pasado, y x_{CM} vale $m_1 x_1 + m_2 x_2$ partido $m_1 + m_2$. Así, si para x_1 , poniendo allí los ejes, vale cero y la longitud de la caja es l , ¿qué vale x_2 ?».
- 26 [M[IO]] A. « l ». ($M_b (I_o)$)
P. «Y ahora, después de pasar, x'_{CM} será $m'_1 x'_1 + m'_2 x'_2$ partido $m'_1 + m'_2$ ».
- 27 [M[F]] A. (Comentan). ($M_c F_c$)
P. «Luego, tengo que hallar».
- 28 [MS[I]] A. « x' ». ($M_a S_b (I_a)$)

P. «Pues con estos (resultados), lo que queda es averiguar v_1 y v_2 . En (el modelo) clásica, la masa era constante, ahora es función de la energía (señalo la ecuación $E = p \cdot c$). $E = \dots$ ».
- 38 [A[ICC]] A. (No se oye bien). «...por c ». ($M_o (I_b CC_b)$)
P. «Se sustituye (en x'_1 y x'_2 , se sobreentiende) y luego en x_{CM} y x'_{CM} se iguala) y obtenemos: ... poniendo... en función de m'_2 es mayor $m'_2 - m_2$ igual a $m_1 - m'_1$ se ve que es igual a E/c^2 , siendo (cómo se vio) E la energía que se emite».
P. «Así la Energía va a tener una identidad con la masa (a partir de este momento). Llamamos m a la variación de masa (incremento de m emitido). Escribimos $m \cdot c^2 = E$ ».
- 40 [MS[O]] A. «Pero, ¡es incremento!». ($M_a S_b (CC_o)$)

Se plantea como ejercicio, la deducción analítica que lleva a la relación entre masa en reposo y en movimiento, lo que genera tipos (D), (M) y (O), mezcla de implicación, ayuda, y también uso de recursos...

- P. «Partimos ahora por un lado de que $dE = v \cdot dp$, y por otro de que $E = \dots$, según acabamos de ver».
- 44 [M[ICCO]] A. « $m \cdot c^2$ ». ($M_a (I_o CC_a)$)
P. «Por otro, en función de p , la masa es igual a...».
- 45 [M[I]] A. « p/v ». ($M_a (I_b)$)
- 46 [M[ICCF]] A. « $p \cdot c$ ». (Lo dicen simultáneamente; se refieren a la energía de un fotón). ($M_b (I_a CC_b F)$)
P. «Así la energía es igual a...».
- 47 [MD[CCO]] A. « $p/v \cdot c^2$ ». ($M_a D_b (CC_b O)$)
P. «Vamos (porque conviene) a multiplicar E por diferencial de E ». (Se escribe según van dictando algo, pero no se oye; lo tienen delante en los apuntes).
P. « $E = m \cdot c^2$, $m = p/v$; $dE = dp \cdot v$. Se simplifica, queda... E integrando: $\int dE = \int c^2 p dp$ ».
- 48 [M][MD[G]] A. «Un medio de p^2 por $c^2 \dots$ » (dictan varios) «...más constante». ($M_b D_b (G_b)$)
P. «Y la constante (¿cómo se halla?) se ve cuando p es...».
- 49 [MD[GTL]] A. «Cero». ($M_a D_b (G_b T_1)$)
P. (Se usa un recurso general en el proceso de integrar y calcular constantes). «...La constante (vemos) es E en reposo y la llamo un medio de E_0 para luego poder simplificar». (Se tachan los c^2 dando la relación entre masas).

El concepto de invariante que se utiliza ahora como pausa en las líneas teóricas analíticas de la instrucción, en ayuda a la nueva visión de las cosas, haciéndolas primero comprensibles desde la analogía (donde los inclusores juegan su papel), y segundo, relacionándolas consistentemente con conocimientos ciertos o tenidos por tales: leyes o principios del bagaje del Método, como el principio pitagórico.

Pone a prueba los nuevos constructos, y aunque proporcionan tipos en (O), fuera de lo esperado se aprecia expectación (M) y (S), lo que también se producen posiblemente dado que el planteamiento, que es afín al estilo de la resolución del caso, y ya se poseen datos para entrar en él a través del debate y el cálculo.

- P. «Y vemos que significa lo que (se señala en el dibujo de un vector r y sus componentes x e y)..., en donde $r^2 = x^2 + y^2$ si en 2D se cumple».
- 52 [MD[OI]] A. «Sí». (Asienten). ($M_b D_b (I_b)$)
P. «Ahora giro los ejes». (Se dibuja, señalo x e y). «¿Esto?».

- 53 [MS[IO]] A. «Sí». (M S (I_o))
 P. «Bueno, Sara lo llama a, pero es lo mismo». ($a^2 = x^2 + y^2$).
 A. «Así es igual, $a = \dots$ ».
- 54 [MS[GO]] A. « $x'^2 + y'^2$ ». (M_a S_b (G_o))
 P. «Que es lo que se ha mantenido invariable».
- 55 [MS] A. «a». (M_a S_b)
 P. «Se ha mantenido constante al hacer...».
- 56 [MS[GCCO]] A. «Una rotación». (M_a S_b (G_a CC_o))

6º día. Martes 28 de Noviembre de 2000, hora 12:10

La revisión de conceptos del comienzo de la clase en un ambiente que quizá por la proximidad de exámenes no parece proclive al esfuerzo, propicia datos en (O) y (A) (ayuda, inercia...). (I) y (F) también se registran, la implicación y significación luego se irán haciendo mayores:

- 2 [MS[IO]] P. «Relación válida cuando incremento de x' era...».
 A. (Murmullo, pero casi no se oye). «¿Igual o cero?». (M_b S_b (I_o))
 P. «En donde..., ¿cómo se llama incremento de t' ?».
- 3 [A[I]] A. «Propio». (M_o (I_b))
 P. «El que mide el único reloj».
- 4 [M[F]] A. «No». (M_b F)
- 5 [M[CCO]] A. «Sí». (M_b (CC_o))
 P. «Incremento de t' es el único reloj, e incremento de $t...$ ».
- 6 [MS[IO]] A. «Impropio». (M_b S_b (I_o))
 P. «Y es lo que mide frente a...».
- 7 [M][MSCC] A. «Lo que pasa». (M_b S_b CC_a)
 P. «El único reloj».

La aplicación produce más actividad que culmina en resolución, produciéndose (I), (S), (D) y (M).

- 12 [MD[IO]] P. (El ejemplo de que sean c y c). «En la adición clásica, ¿qué da?».
 A. « $2c$ ». (M_b D_b (I_o))
 P. «Pero ahora...».
- 13 [MD[I]] A. « $c + c/1 - c^2/c^2...$ ». (Se va resolviendo). (M_b D_b (I_b))

- P. «Es igual a...».
- 14 [MS[GCCO]] A. «A c». ($M_b S_a (CC G_o)$)
P. «¿Algún ejemplo o experiencia que lo confirma?».
- 15 [MS[I]] A. «...Que la velocidad de los electrones... no aumenta». ($M_a S_b (I_a)$)

Los conflictos, cuando surgen, no se eluden: (F) y se asocian con (S), de consecución de conocimiento fértil en este final de la instrucción unido a cambios conceptuales patentes. Se ve un incremento de tipos en (D) cuando se propone la resolución de casos.

- 37 [MS[FCC]] A. «¿Cómo se distingue la masa en movimiento de la del..., esa misma en el sistema en reposo?». ($M_a S_a (F_b CC_a)$)
A. «En la relación entre masa en movimiento y la del sistema...». ($M_a S_b$)
P. «Es un concepto relativo». (Muestro el dibujo de dos sistemas S y S' y en S' está situada la masa m'). «Esta es una masa que en uno es la masa m' en su sistema ».
- 40 [MS[F]] A. «¿Para quién?». ($M_a S_b (F_b)$) *(12)
P. (Además, he dibujado con M la masa del sistema S). «Sí, ese es el problema para mí (que soy S')».
- 41 [MS[I]] A. «m'». ($M_a S_b (I_a)$) *(13)
P. «Eso es..., y la llamamos m_0 ».
P. «¿Y para S?».
- 42 [MS[CC]] A. «m». ($M_b S_b (CC_b)$)

Parecidas muestras se dan en los ejemplos en la aplicación siguientes: primero hay escasa convicción, luego la resolución sigue de forma activa (M-F-D), y aumento en (S) y (CC).

- P. « $m = 2m_0$, ¿lo podemos escribir, no?».
- 48 [AS[IO]] A. «Sí». ($M_o S_b (I_o)$)
P. «Así, $2m_0 = m_0$ partido raíz cuadrada de $1 - v^2/c^2$ ».
- 49 [MD[IO]] A. «Sí». ($M_b D_b (I_o)$)
P. «Simplificando, $4 = 1/1 - v^2/c^2$ y...».
- 50 [M] A. (Asienten). (M_a)
P. «Despejando...».
- 51 [MS[F]] A. «¿Por qué 4?». ($M_a S_b (F_b)$)
P. «Se quita la raíz y se eleva al cuadrado, y para...».
A. (Dictan el resultado).

- P. «Ahora, cómo haríamos un problema en el que decimos: Un objeto que tiene (en reposo) masa m_0 por ejemplo con velocidad de S' , se mueve respecto a un sistema (o éste) con velocidad v . ¿Cuál es su cantidad de movimiento (medida) por el sistema respecto al cual se mueve?».
- 53 [M[I]] A. « $m \cdot v$ ». ($M_a (I_a)$)
P. «Y m...».
- 54 [M][MD[CC]] A. (Dictan muchos) «Igual a m_0 partido por raíz de $1-v^2/c^2$ ». ($M_b D_b (CC_c)$)

Aunque el caso que es teórico se ve un mismo comportamiento.

- 56 [MO[I]] A. «Un medio de la masa por la velocidad al cuadrado». ($M_o (I_b)$)
P. «Y de aquí podría calcular la velocidad. ¿Pero, cómo calculo ahora la velocidad? Lo que sé ahora es que la energía es igual...».
- 57 [MD[CC]] A. (Varios). «Incremento de la masa por c^2 ». ($M_a D_o (CC_a)$)
P. «¿Pero, a qué es igual la variación de masa incremento de m ?».
- 58 [AD] A. «A $m-m_0$ ». (Tienen los apuntes delante). ($M_o D_b$)
P. «¿Y esta masa m a qué es igual?».
- 59[M][MD[GCC]] A. « m_0 partido por raíz de 1...». ($M_b D_b (G_b CC_b)$)
P. «¿Menos?».
- 60 [M[IO]] A. « m_0 ». ($M_b (I_o)$)
P. «Y todo...».
- 61 [MD[G]] A. «multiplicado por c^2 ». ($M_b D_b (G_b)$)
P. «Conozco K , que es la energía, y no hay más que hacer esta operación (para despejar v)».
- 62 [M][MS] A. (Se ríen y exclaman porque nos les parece tan fácil despejar). ($M_b S_b$)
P. «Así». (Les indico que empiecen a despejar).
- 63 [MD[CCO]] A. « $1+K$ dividido por m_0 partido c^2 es igual a raíz de $1+v^2$ partido por c^2 ». ($M_a D_b (CC_o)$)

7º día. Miércoles 29 de Noviembre de 2000, hora 9:10

Como es lógico, este último día del estudio del Modelo del Paradigma actual, se dedica al tratamiento de casos.

Ya más lejos de los contenidos que deducen relaciones (teóricas), se aprecia mayor énfasis en el detalle, además la actitud dominante es entrar en debate (M se produce con S-I-G que se combinan con D y CC), es de cierta significación que construye, lo que se aprecia en el mayor peso de (D).

- 5 [MS[GCC]] P. «Sin embargo, el sistema S mide para ese objeto una masa...».
 A. «m». ($M_a S_b (G CC_a)$) *(4)
 P. «Este (señalo en el encerado) sistema mide m_0 y éste m. Así que la energía que S' mide para m_0 ...».
- 6 [M][MS[GCC]] A. « m_0 por c al...». ($M_b S_b (G_b CC_b)$)
 P. «Ahora, llegamos a la relación relativa entre m y m_0 . Era...».
- 7 MD[IO] A. «m igual a m_0 partido por raíz de 1 menos v^2 partido por c^2 ». ($M_a D_a (I_o)$)
 P. «Que es la relación entre el valor de la misma medida por sistemas diferentes. Pero el sistema S tiene a su vez una masa (por ejemplo M_0) y que para S' será...».
- 8 [MS[CC]] A. «m». ($M_a S_a (CC_a)$)

Son recursos basados en la relación continua más que la actitud por resolver deprisa, o esperar una simple fórmula, o receta: que representaría una simple (D).

- 12 [MD[GCC]] P. «Pero ahora utilizamos la que..., en función de m escribimos».
 A. « $m \cdot c^2 - m_0 \cdot c^2$ ». ($M_a D_b (G_a CC_a)$) *(17)
- 13 [M[I]] P. «Y así con m con el valor de... está también ahí».
- 14 [MDI] A. (Señalan m_0 partido por raíz cuadrada de $1 - v^2/c^2$). ($M_b (D_a I_b)$)
 P. «Esa es la expresión relativista de m, sustituyendo así: $K = m_0$ partido por raíz cuadrada de $1 - v^2/c^2$ menos m_0 ». (Me olvido de escribir c^2).
- 15 [M][MS] A. «¿No falta c^2 ?». ($M_b S_a$)
 P. «Sí, y se opera sacando factor común a $m_0 c^2$ ».
- 16 [M][MS[CC]] A. «¿Y v^2 es la de m?». ($M_b S_a (CC_b)$)

No se pasa por alto que se plantea un caso diferente a lo habitual y (S) es muy patente, y los ejemplos que se tratan, más que plantearse surgen como respuesta a la demanda de conocimiento (F), a la vez que se resuelven (D).

- 38 [MD[GCC]] A. «m será igual a esa energía partido por c^2 ». ($M_a D_a (G_a CC_a)$) *(12)
 P. «Incremento de m mejor».
- 39 [MS[FGCCTM]] A. «¿No sería m_0 partido por raíz...?». ($M_a S_a (G_b F_a CC_a T_m)$)
 P. «No, porque no está en juego el movimiento. El movimiento lo usamos (en teoría, me refiero) para calcular dicha equivalencia. Lo que ahora aplicamos a este incremento de masa viene ahora en forma de cualquier energía..., y usamos aquí la que nos dan de forma diversa. Pero no hay que perder de vista la relación de estas medidas, como sucede con un reloj ligado a S' o para cualquier reloj de S que yo elija y que ahora el de S pasa a ser el propio».
- 40 [M[CC]] A. «Es decir, depende de la elección». ($M_a (CC_a)$)

Al final sin embargo los ejercicios últimos dan paso a acciones más rutinarias y dirigidas, en sintonía con el escaso tiempo del que ya se dispone para concluir el bloque temático antes de ser evaluado. (D) y (O) están presentes. (S) y (CC) se categorizan como inducidas ya que el relato es más bien una exposición donde no se da tiempo a debatir; no obstante hay sintonía con lo que se hace. No hay contradicción con las pautas que se señalaron.

- P. «Otro ejemplo: Un filamento frío o incandescente, ¿tendrán la misma masa respecto a nosotros?».
- 41 [MS] A. «No». ($M_b S_b$)
- 42 [M][MO] A. «Distinta». ($M_b S_o$)
P. «¿Tiene el incandescente más masa?».
- 43 [M][CCO] A. «Sí». ($M_b (CC_a O)$)
- P. «Un ejemplo en este sentido... De hecho las reacciones nucleares se basan en que los núcleos chocan, se rompen y resulta que la energía de enlace (energía nuclear) es energía debida a la masa, masa que se libera por ejemplo en forma de calor. Un núcleo tiene menos masa que la de sus partículas sueltas, que es la energía de enlace y esa energía proviene de esa masa o diferencia de masa. Ejemplo: el Betatrón se construye para obtener del choque de dos protones que primero tienen energía cinética y luego chocan y se ‘paran’; esa energía cinética respecto del laboratorio, ¿dónde va?».
- 49 A. (Comentan). «A los protones». ($M_a S_b (F_b CC_a)$)
- A. «Así la energía en reposo será».
- 55 [M][D] A. (Dictan, pero casi no se oye). ($M_b D_a$)
P. «¿Y su cantidad de movimiento?».
- 56 [M][I] A. « $m \cdot v$ ». ($M_b (I_o G_a)$)
P. «Así será».
- 57[M][MD][ICCO] A. « m_0 partido por raíz de uno menos v^2 partido por c^2 y por v ». (Dictan muchos). ($M_b D_a (I_o CC_b)$)
P. «Eso es».
- 58 [MS][FCC] A. «¿La v es la misma?». ($M_a S_a (F_b CC_a)$)
P. «Claro, claro; ¿ésta, no?». (Medido por el sistema respecto al que se mueve). «Esto se lo dan (debo referirme a v)».
- 59 [M] A. «Sí». (M_a)
P. «¿Y m_0 se lo dan?».
- 60 [M][IOF] A. « m_0 ». ($M_b (I_o F_b)$)
P. «¿Pero qué masa?».

-
- 61 [MS[ICC]] A. «La masa en reposo». «A ver». ($M_a S_b (I_a CC_c)$)
P. «Luego será igual. Tenemos $0,5 \cdot 1,6$ partido por ».
- 62 [MS[GCC]] A. «...De la velocidad de la luz». ($M_a S_a (G_b CC_a)$)
- 63 [MS] A. «Al cuadrado». (Varios). ($M_a S_b$)

Anexo VI. Evaluación del proceso de investigación

Los factores que acreditan una investigación pretenden asegurar que lo observado, o las conclusiones extraídas de la muestra, son generalizables a cualquier grupo de iguales caracteres. Para ello se recurre a técnicas que pueden contribuir a la universalidad de los constructos, una vez perfilado cuáles son éstos y sus circunstancias, hasta establecer en qué manera son replicables a cualquier caso de iguales características o más bien han sido particulares.

Las técnicas que pueden contestar estas cuestiones son el conjunto de actividades que como control de calidad, se extienden a lo largo del proceso entre las que atienden la fiabilidad y las que atienden la validez.

La fiabilidad. Se refiere a la medida en que se pueden replicar los estudios. Exige que un investigador que utilice los mismos métodos que otro, llegue a idénticos resultados; sin embargo la generación, perfeccionamiento, y validación de los constructos puede no exigir la exacta replicación:

«Más bien, la fiabilidad se refiere a la medida en que se pueden replicar los estudios. La fiabilidad soluciona problemas como la cuestión de si un investigador independiente descubriría los mismos fenómenos o elaboraría idénticos constructos en el mismo escenario u otro similar» (Goetz J.P. y Le Compte M.D., 1988).

La validez. Concierno a la exactitud, su determinación exige la estimación de la medida en que las conclusiones representan efectivamente la realidad empírica, y si los constructos diseñados por los investigadores miden categorías reales de la experiencia humana.

El factor fiabilidad en la investigación presente

Se distinguen la externa y la interna.

Fiabilidad externa

Las estrategias no interactivas ofrecen ciertas ventajas al etnógrafo, con ellas se recopilan numerosos datos en bruto, y relativamente susceptibles de ser sometidos a sucesivos análisis, por el mismo investigador, o por otros, lo que determina coeficientes de fiabilidad, también son más fácilmente replicables. Las interactivas sin embargo, debido a los efectos de la presencia del observador se controlan peor; la cantidad y calidad de los datos obtenidos pueden depender de las

características especiales del investigador: para efectuar estudios semejantes, deben facilitarse los procesos de replicación mediante la explicación de los hechos, y la definición de los elementos de trabajo:

1. Lo que se consideran escenarios similares.
2. El status del etnógrafo, para que en cada uno, el investigador desarrolle una posición equivalente respecto a la investigación.
3. La situación y condición social de los grupos.
4. Las premisas teóricas, y los constructos analíticos, entre los que se distinguen los que permanecen constantes, y los que se generan en el curso de la investigación.
5. La explicitación de la metodología.

La fiabilidad externa se cuestiona bajo preguntas como: ¿ofrece el trabajo una explicitación de los procesos tal, que desde una posición externa pueda llevarse a cabo un trabajo semejante?

Este trabajo en realidad representa una investigación en dos campos diferentes: por un lado, el seguimiento de la manera más fiel de los procesos cognitivos, en una parcela particular; por otro la metodología en la recogida y análisis de datos.

En cuanto a los **puntos 1º, 2º y 3º**; se instruye bajo un escenario concreto en el ámbito de la educación, con intereses en un aprendizaje determinado, el de Física en elementos que suponen cambios conceptuales, aquellos que refieren los enunciados y aplicaciones de su Paradigma más actual.

El investigador es un profesor, que como profesional instruye o desarrolla el plan, de acuerdo con un currículo concreto.

En cuanto al 3º, el grupo o población lo constituyen alumnos del nivel, en el que es común enfrentarse a los problemas epistemológicos de una Física por cambio conceptual, como generalmente acontece en 2º de Bachillerato, o aquellos que se inician en una Física general.

Punto 4º. Las explicitaciones de las premisas teóricas y los constructos.

Las premisas. Como fuentes de reflexión, en su perfil han sido diversas.

Las que toman como fuente la *opinión de expertos*: su análisis constituyó el punto de partida de la investigación, y por lo mismo contribuyen al detalle en el primer planteamiento del problema. *El análisis* pormenorizado de los *materiales curriculares*, proporciona la realidad que recogen las hipótesis, es decir el estado de la enseñanza en la parcela pedagógica que se debate. Materiales que al informar las hipótesis, dan pie a especulaciones sobre los recursos epistemológicos para resolver los problemas, constituyéndose así en elementos de explicitación.

Por último *las actuaciones en clase*, que en el ámbito de la pedagogía dan vida al proyecto, actividades como pruebas escritas, y sobre todo (ya en el ámbito de una fiabilidad interna), la *literalidad de los datos, episodios verbales* registrados automáticamente; episodios que contextualizan posteriormente las unidades de análisis que configuran los constructos. En cuanto

a las pruebas escritas: la primera (con formato de encuesta) es síntesis de las variables que van a informar la enseñanza; la prueba pretende proporcionar el nexo entre la filosofía del enfoque curricular que se cuestiona y los conocimientos previos de los alumnos. *Para otro investigador representa una panorámica de aquellos aspectos más innovadores del currículo*, que pretenden un planteamiento de la Física unificada y actual; tratando de llevar a reflexionar sobre los recursos necesarios a esa globalización.

Los constructos

Cierto que esta investigación hace un gran acopio de datos que luego, atendiendo más bien a la descripción parecen constructos, pero sólo importantes por lo que añaden a lo explicativo; los verdaderos constructos serán sólo aquellos que instruyan sobre las premisas del planteamiento; en torno a las que se han configurado los métodos analíticos, *los que miden: intersección, capacidad de asociación, relación causal* desde la comparación de episodios, a través del sistema de categorías elegido para representar a los fenómenos. Dichos constructos, en su explicitación se revelan modestos, pero con el interés de decir realmente algo sobre el proceso; se clasifican en dos tipos:

Los del *primero* simplemente son los *hechos que informan del impacto que produce en la instrucción la pedagogía*, papel, causa o inferencia que en los recursos cognitivos producen las variables introducidas; y no es que se busca una medida en parámetros, como la fertilidad, o el éxito (aunque se reseñan como datos) atribuibles quizá a las condiciones de la muestra. Son, sin embargo, los perfiles del aprendizaje: en sus fluctuaciones, dependencias, y su contrastación interambientes, los que sí se perfilan como constructos. Luego también se destacan algunos, que en el curso del proceso se han generado aquellos que atienden factores actitudinales, modos como: sintonía, demanda, instrumentalización, ayudas, etc., y que también han sido detallados en las conclusiones, sus covarianzas y causas.

La otra clase en la división de los constructos se ocupa de *la utilidad real del proceso*: su capacidad para llevar el currículo a su término, sin menoscabo de los objetivos propios generales en esa etapa, y concluir en sintonía con las aspiraciones de aprendizaje, que además tienen fines propedéuticos.

El asunto es importante, dado que la problemática que más controversia suscita un proyecto curricular de estas características, no es tanto resolver lo que la complejidad que los nuevos esquemas conceptuales requieren (todo el mundo está de acuerdo en lo importante que resulta para los alumnos, su iniciación en los fundamentos del Paradigma más actual, o Relativista de la Física), sino que además, la propuesta sea compatible con los fines del proyecto educativo en su totalidad; es decir, tenga viabilidad. El constructo ahora, consiste en extraer los datos necesarios para crear la convicción de que el proyecto curricular, no sólo es una propuesta con beneficios en el aprendizaje por cambio conceptual, sino además plausible.

Esta propuesta se ocupa ahora de *dar efectividad a la «ampliación» que representa una estructura unificada de la Física, en un currículo común*. Frente al entusiasmo por acoger estas parcelas más recientes, pero generalmente por simple extensión, lo que conduce a la parcelación

desarraigo; ahora se pretende acometer aquellas técnicas que permitan encajar todos los fenómenos, esquemas, o procedimientos, en un proyecto globalizador. *La filosofía que subyace en la pedagogía ahora, es la de la convivencia entre una Física unificada sin desprecio de incluso alguno, y el principio de no perderse en lo superfluo*, dando cabida al resto de capacitaciones necesarias a los objetivos del curso. *El modo bajo un enfoque adecuado, de compaginar estos elementos, es en definitiva el constructo de esta segunda clase buscado.*

La epistemología creada para ello es afín al planteamiento filosófico al modo de Occan: de «contar lo más con menos», y en ese empeño hacer *una clara distinción entre lo que es necesario a la explicación que significa*, o fenomenológico que ilustra, y *aquello que es además objeto de evaluación*; separando así segmentos de instrucción.

El principal elemento a esta planificación, son materiales creados que sugieren ya una preselección de cada clase de segmento, evitando pérdidas en caminos que no se constituyan en los que: «a la vez de necesario, sea suficiente». La elección que se efectúa queda explicitada por los propios materiales, y encuadres en los mismos.

Punto 5º. Metodología empleada:

Más importante a la fiabilidad externa que la especificación de las técnicas de recogida de datos, es la identificación de las estrategias generales de análisis.

En relación a este punto, en su momento ya se describió el *sistema de categorías* representantes de fenómenos, cuyo seguimiento, o simple constatación interesaba, para de asociaciones, cuantías o secuencias, etc., establecer las bases analíticas de las explicaciones y posibles inferencias causales. Otro recurso de análisis fue el de una *contrastación interambiental*, que en base a las mismas secuencias o asociaciones compara los episodios educacionales entre un ambiente constituido en referente y los datos del ambiente que se quiere investigar.

El conjunto de eventos (población, tiempo de registro, selección de objetos de aprendizaje, etc.) de cada ambiente, también han sido expuestos al detalle, y lo mismo en relación a las variables: su por qué, para qué y sobre todo las pautas de contrastación arbitradas.

Por último, y respecto a la preservación también se arbitraron recursos como los que sirven para resolver la criba de datos, en el sentido por ejemplo que no sean catalogados de un modo, siendo que realmente su presencia se debe a otra calificación o categoría (como una inducción externa, la que por ejemplo produce el profesor investigador); otros recursos en el sentido de paliar efectos del ambiente.

Fiabilidad interna

«Los problemas de la fiabilidad interna de los estudios etnográficos plantean la cuestión de la coincidencia entre varios etnógrafos que actúen en un solo estudio» (Goetz J.P. y Le Compte M.D., 1988).

Cuando un investigador o equipo de investigación utilizan las técnicas etnográficas para el estudio de una misma cuestión. Lo que se pretende es coincidir en la descripción y composición de los acontecimientos, no en su frecuencia.

«En el marco de la fiabilidad interna es esencial la fiabilidad inter-medidor o inter-observador, es decir la medida en que los complejos significativos de varios observadores muestran la congruencia suficiente para que puedan considerarse equivalentes sus inferencias relativas a los fenómenos» (Goetz J.P. y Le Compte M.D., 1988).

Para proteger los estudios de las amenazas a su fiabilidad interna, los etnógrafos suelen utilizar una de estas cinco estrategias:

- Descriptores de bajo nivel inferencial.
- Varios investigadores.
- Participantes ayudantes.
- Revisión por otros investigadores.
- Datos registrados automáticamente.

La fiabilidad interna en la investigación presente se construye fundamentalmente por el quinto procedimiento consignado (registro automático de episodios verbales). Pero otras estrategias con el mismo papel también han estado presentes, como: la descripción de bajo nivel inferencial y la revisión por otros.

Los procedimientos de registro automático son dispositivos que preservan la totalidad de los datos; ahora, sin una aplicación de procedimientos de análisis e integración los datos no serían utilizables.

Si varios investigadores trabajan con los mismos datos, pueden aparecer nuevas fuentes de variación, a menos que se imparta a aquellos una escrupulosa formación previa. A este respecto, *es esencial que ninguno se separe de la aplicación de los constructos creados con anterioridad al registro* de las observaciones, acordados y definidos cuidadosamente. Si se modifican los constructos, las correcciones se deben explicitar. Una de las formas de protegerse de la no fiabilidad, es asegurarse de que los conceptos utilizados se derivan del marco teórico que informa el estudio.

Ya, en el caso presente se hizo un informe de los conceptos que configuran los constructos, luego sería necesario que los distintos investigadores tomen las imágenes desde los mismos ángulos: *seleccionen tipos similares de participantes, registren los mismos segmentos comportamentales, etc.*

Los descriptores de bajo nivel inferencial que sirven a la fiabilidad interna en esta investigación: Los más relevantes son los que, paralelamente al registro automático, recogen del mismo proceso educacional datos bajo otro tipo de manifestación como: contestaciones escritas

a cuestionarios o pruebas de evaluación escritas. Estos inciden en las mismas premisas que informan los constructos: el adiestramiento y disposición en la situación inicial, las otras (las de evaluación, al igual que los registros verbales), muestran la paulatina y decidida actitud o talante en lo cognitivo, frente a las variables pedagógicas introducidas en el currículo.

También las mismas pruebas consolidan en torno al desarrollo real del currículo: el constructo de la no inferencia ni obstaculización de la epistemología según los objetivos generales del mismo, que así, no se aprecian relegados.

La revisión por otros investigadores. Se pueden considerar otros «investigadores» sobre la misma población, los que instruyen el proceso de aptitud con el fin de acceder a la Universidad, que realizan los alumnos que terminan el curso investigado. De los 14 alumnos que participan como alumnos de 2º de Bachillerato en el proyecto, 8 se presentan al examen de Física de las PAU-LOGSE (junio de 2001). Los resultados de la prueba son asépticos y objetivos, y aunque no muestran un verdadero constructo, en sus conclusiones sí sirven a la fiabilidad.

La fertilidad de conocimiento se estima ahora en las calificaciones, la nota media en Física en estas pruebas (PAU-LOGSE) de los alumnos del centro se compara con las más generales:

- Nota media de estos alumnos en Física: 6,13.
- Nota media de los alumnos del centro en Física: 5,5.
- Nota media de Física en el distrito: 5,05.
- Nota media global de la prueba para el centro: 5,36.
- Nota media global de la prueba del distrito: 5,2.

Este resultado puede deberse a causas fortuitas: como los particulares alumnos, el azar, etc. Pero en lo que sí es un dato, es que la prueba no niega los constructos, al menos la epistemología no impide acceder con éxito a esta aplicación del currículo.

Luego, las características en la ontología de la misma, se puede señalar un bagage aproximado del 30% en contenidos en el Paradigma actual de la Física, o «Física Moderna», los alumnos con sólo una «buena» preparación en el mismo no hubieran alcanzado por ello unos resultados como los mostrados, pero sobre todo ese 30% no trata los específicos creados para este proyecto, sino aquellos del Modelo actual que resultan ser los más clásicos, los que representan la aplicación del mismo, que son los únicos casos que indiscutiblemente contemplan todos los proyectos educativos (los que hacen aplicación del Modelo al efecto fotoeléctrico y a la física nuclear).

El currículo de este proyecto pretende dar a estos contenidos una base más significativa en torno a un proyecto más global pero incidiendo menos en lo fenomenológico y estas aplicaciones (lo constantan las grabaciones), la casuística no ha sido tratada bajo ejemplos más que mínimamente. No obstante, una mayor profundización en las bases del Método para introducir estos temas, al menos parece tan exitosa como tratarlos exhaustivamente como fenómenos importantes, pero aislados.

El reto sobre los constructos, que parecen verificar los observadores externos, no estaba en conseguir buenos o mejores resultados, sino en constatar que no ha habido menoscabo de conocimientos en general; si la estructura diseñada no fuese muy firme y capaz de encajar todo lo necesario, los alumnos podrían perderse, quizá sí tener unos conocimientos más profundos en lo que se refiere a los cambios conceptuales cuestionados, pero no conducirían a la capacitación general necesaria. Un resultado negativo, de hecho, no diría mucho, aunque suscitaría dudas, y como es el caso: que sea positivo lo que dice, es que por parte de la observación externa, los constructos no quedan en entredicho.

Validez

La validez de un estudio conviene a establecer que las proposiciones generadas, perfeccionadas o comprobadas se ajustan a las condiciones que rigen la vida humana, o en particular el contexto natural estudiado; y sobre todo al esclarecimiento de la medida en que los constructos y postulados creados o comprobados son aplicables a más de un grupo.

Se distinguen la validez interna y externa.

La interna se refiere a la medida en que las observaciones y mediciones son representaciones auténticas de una realidad.

La externa, el grado en que dichas representaciones son comparables legítimamente si se quieren aplicar a diversos grupos.

En general, la *validez interna* contempla el problema, de si las categorías conceptuales poseen los mismos significados para los participantes y el observador, y son realmente comparadas.

Sus amenazas son: *la historia y la maduración, la influencia del observador, la selección y la regresión, la mortalidad y las conclusiones espúreas.*

Historia y maduración:

La tarea consiste ahora en determinar qué datos de base se mantienen estables, así como cuáles son mutables. A tal fin, se recurre a la replicación, comparación sistemática, y función análoga a la recogida de datos del pretest de los experimentadores, estrategias de muestreo temporal, para distinguir los fenómenos sujetos a cambios, de aquellos que son relativamente estables.

Uno de los objetivos de este estudio es precisar, si los hay, cambios de actitud consecuencia de los modos en arbitrar recursos. En este caso, la recogida y análisis de datos se extiende en el tiempo más allá de los ejemplos (aproximadamente 14 sesiones), que se analizan; pero la recogida y el preanálisis se efectúa a lo largo de todo el curso ratificando las lecturas y constructos hallados, perfilando además los fenómenos en los que ha tenido que ver el factor tiempo; y con este mismo objeto, se realiza la contrastación particular entre lo que constituye la situación de comienzo de curso, o previa al desarrollo del proyecto, y las muestras de diverso tipo que siguen al mismo.

Si la maduración es un proceso universal y normalizado y la historia la influencia de los fenómenos observados al inicio, cuando el foco de estudio lo constituyen los procesos de cambio, es preciso distinguir los efectos de la maduración y la historia de otros fenómenos intervinientes para identificar sus posibles causas, interacciones o efectos comparables.

Técnicas con el fin de controlar la «historia» y «maduración» han sido: limitar la duración del proyecto, utilizar los datos más representativos de la generalidad (datos de un estadio intermedio) o los menos influenciados por factores externos, como los de la expectación que crea el comienzo de la experiencia, o la situación de ansiedad en vísperas de exámenes (aunque también se analicen), etc.; la asignación aleatoria de los sujetos del grupo; los horarios y tiempos de asignación al proyecto sin ninguna característica particular o especial, fuera del devenir normal de la clase.

A este fin ya se tomaron medidas específicas, como tener en cuenta que los informantes sean una representación fiel de la diversidad de la población estudiada; por último, y a fin de efectuar una búsqueda lo más completa posible, que confirme o refute lo encontrado, se prolonga la estancia en el campo.

La influencia del observador:

Una información es válida, incluso aunque represente un punto de vista particular, esté modelada por las características especiales del observador, o influyan en ella las relaciones de éste con los informantes; *si se explicitan dichas cuestiones*, y pueden replicarse. Los problemas de validez y sólo se presentan si se juzga que los datos obtenidos en realidad no representan la visión de los participantes.

La extensión de la recogida de datos a un «antes y después» de la muestra ayuda a hacer menos visible la presencia del investigador en el escenario. Es útil a la validez la confirmación mediante el testimonio más literal (por ejemplo mediante grabación), la reacción de los participantes, otro medio eficaz es poner de manifiesto las deformaciones o la inducción producidas por el investigador (por ejemplo que éstas se contemplen en los registros).

Selección y regresión. Representa el control de que las diferencias medidas se deben al tratamiento (variables), y no a desemejanzas que no tienen que ver con el experimento. Las medidas que se realizan sobre la disposición o estado inicial en las cuestiones que se tratan, son de ayuda a este respecto.

El problema de la *mortalidad* no tiene efecto en este trabajo.

Conclusiones espúreas. La cuestión tiene que ver con la medida en que un tratamiento ha provocado el efecto previsto. Es la medida en que los fenómenos covarían, o están relacionados causalmente. En el caso de las conclusiones estadísticas alerta para no asumir fácilmente relaciones que no existen, o las que puedan deberse a efectos ocultos.

En el diseño etnográfico importa explicar retrospectivamente la génesis de los hechos observados, perfilando toda posible causa mediante el examen de los datos; y la formulación de relaciones pasa por la eliminación de explicaciones alternativas, exige establecer el orden temporal de los fenómenos, su covariación y la eliminación de hipótesis rivales; el método de

observación participante es (según autores como Denzin -1978-), según cada uno de estos criterios, excelente, bueno y regular, respectivamente.

La eliminación de las explicaciones rivales exige el control de fenómenos, por ejemplo desde que el sistema de recuperación de los datos sea eficaz, y su utilización pueda corroborar las explicaciones o bien pueda refutarlas.

Aunque ningún diseño puede establecer de forma total y exacta la causa de un hecho observado, la etnografía puede resultar en ese sentido eficaz si:

La estancia prolongada en el escenario, el hecho de que la mayoría de los datos proceden de las explicaciones ofrecidas por los propios participantes, son factores que sirven a la búsqueda de las causas más plausibles desde el registro de primera mano; para el etnógrafo, desde un proceso más bien inductivo, es más fácil tratar las fuentes de contaminación, o el origen de los posibles sesgos en el transcurso del estudio, sin tener que esperar el análisis último.

El efecto constructo. La validez, ahora definida como la medida en que los términos generalizaciones, o significados abstractos: constructos, son compartidos en diferentes tiempos, y escenarios, por distintas poblaciones. La que ahora se extrae cuidando se aporten argumentos: aquellos que verifican, describen y justifican; por otro, de la aleatoriedad en la configuración de los grupos de los que proceden las muestras; por último, de técnicas, como las que se constituyen bajo los procesos de **triangulación** de resultados.

La atención de estos particulares va a comprender la validación de los constructos que más importan en la investigación. *El primero*, y que en su filosofía da origen a las hipótesis: *representa la idea de la necesidad de proporcionar en la enseñanza una orientación elaborada bajo pautas muy concretas, en el propósito de dar el mayor sentido y justificación a las acciones; el segundo constructo, que además este proceder es viable, incluso eficaz a todos los objetivos y no sólo a los más específicos de enseñanza-aprendizaje por cambio conceptual.*

El trabajo de triangulación se implica ahora en enfatizar sobre la generalidad de estos particulares, mediante la extrapolación; por un lado se dispone de la que se hizo entre los diferentes «ambientes», o muestras, de la misma población. Por otro, ahora abundando en cómo los supuestos se comparten de igual manera entre poblaciones diferentes.

Se considera para ello un ambiente muy distinto como el que proporcionan los distintos niveles educacionales diferentes al de Bachillerato de la muestra; el de Enseñanza Secundaria Obligatoria. El que se elige es el de la población que se constituye por alumnos de un curso de 2º de ESO; alumnos que además en su perfil, fueron agrupados por las muestras de particular dificultad en su integración en los procesos educacionales.

La muestra, no obstante, es un testimonio del constructo de aprendizaje «efectivo» cuando éste es guiado por las mismas variables en la pedagogía, que se produce pese a las dificultades mencionadas.

El análisis revela que el proceder es el de quien es capaz de utilizar los conceptos y procedimientos de cierta complejidad «cuasi-abstractos» con cierta soltura. La que se extrae representa una respuesta escrita a las cuestiones de una prueba de evaluación, en la misma se aprecia la adquisición de una capacitación, que viene del rigor de aplicar un método, y las

trayectorias lógicas de desenvolvimiento son muestra de la coherencia que aflora, pese a la limitación en la expresión de las ideas del alumno.

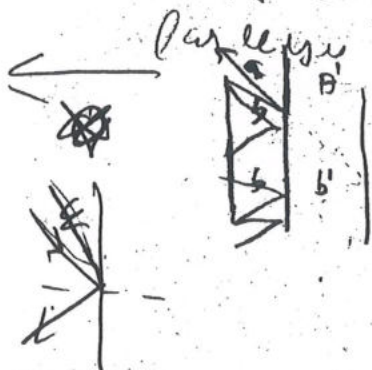
El ejemplo ofrece claras asociaciones en tipos S: (significación), I: (concepto inclusor) y G: (actitud en la generalización); en una disposición de los recursos cognitivos ajustada a la aplicación de las metodologías sin lagunas conceptuales, muy en línea, se supone, con las actuaciones que acompañaron la instrucción. La trama en la contextualización de este proceder se pone de manifiesto sobre todo en aquello que se puede explicar bajo el gráfico, dibujo o esquema, más que en la narración, para la que como se ha señalado estos alumnos poseen escasa habilidad.

Los datos concretos que proporcionan la citada asociación y clase en los tipos, son los que siguen: La prueba propone a los alumnos que expliquen el fenómeno de refracción, en la aplicación del mismo al caso de obtener la imagen de un objeto que se les dice, sea «la de un pececillo en un estanque».

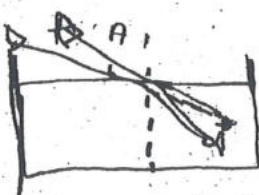
El alumno que se elige para la muestra: dibujar el estanque (caja), el pez y la superficie del agua, y en función de la que ha recibido información en torno a la obtención de imágenes (muy somera, ya que este asunto es ampliación a los contenidos mínimos exigibles, que se centran en el simple fenómeno de refracción), le lleva a dibujar dos rayos que salen del pez (en los que la pormenorización se revela en señalar el sentido con dos puntas de lanza); a los dos rayos los denomina A y B, igualmente dibuja la recta normal, con trazos, todo lo cual representa el primer paso de aprendizaje significativo, según un método y la desviación de los dos rayos que se tuercen sensiblemente al llegar a ella, que es la segunda muestra de significación, asociaciones: (S-I-G). Después, con trazo que se puede identificar de distinto tipo, se prolongan por detrás los rayos hasta converger donde se aprecia lo que parece un pez, es decir: la imagen (última muestra de capacitación significativa): (C-S-G-D).

Estos datos se constatan con una reproducción de la prueba, en la que se eliminan el nombre del alumno.

1º) Imágenes de un objeto en un espejo y en un cristal que justifica



por el uso que aplicas reflexión



refracción
será doble
por la refracción

2º) dispersión de la luz un prisma en colores

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, M. (1992). «Actualizando el curso de Física General». REF 6 (3) 1992, pp. 32-35. Ed. ADI.
- ALONSO, M. (1992). «Entrevista con Marcelo Alonso, por Alfredo Tiemblo». REF 6 (3) 1992. Ed. ADI.
- ALONSO, M. (1994). «La dualidad onda-partícula, ¿misterio o mito?». REF 8 (1) 1994, pp. 38-41. Ed. ADI.
- AGUILAR, A.; CAMPOS, E. y DIEZ, M. (1994). «Hablan los Físicos de empresa». REF 8 (1) 1994. Ed. ADI.
- AUSUBEL (1976). «Psicología educativa, un punto de vista cognoscitivo». Ed. Trillas. México, 1976.
- AVERI, J. (1975). «Teoría Cuántica de átomos, moléculas y fotones». Ed. Alhambra, 1975.
- BERENGUER, A.; ANDRES, R. y PEREZ, J.F. (2000). «Enseñanza por cambio conceptual: De la Física Clásica a la Relatividad». Enseñanza de las Ciencias 18 (3) 2000, pp. 463-471. Ed. Alambique.
- BERRY, M. (1974). «Principles of Cosmology and Gravitation». Cambridge University Press London-New York-Melbourne, 1974.
- BLANCO, M. (1993c). «El Proyecto Educativo y el Proyecto Curricular. Documento DPC-365». ICE, Universidad de Navarra.
- BUENO, R. y ROSADO, L. (1995). «La Física de la ESO en los Nuevos Bachilleratos. Orientaciones básicas para el profesor». Actas del Congreso «Didáctica de la Física. Microelectrónica. Microordenadores y Astronomía para profesores». UNED.
- CALVO, A. y SEGUIN, J. (1996). «La enseñanza de la Física en los nuevos programas de Física de la LOGSE». REF 10 (3) 1996. Ed. ADI.
- CARRASCOSA, A. y GIL-PEREZ, D. (1985). «La metodología de la superficialidad y el aprendizaje de la ciencia». Enseñanza de las Ciencias, vol. 3, nº 2, pp. 113-120.
- CARRION, A.; RODRIGUEZ, S.; TORNOS, J. y VIRTO, K. (1993). «Reflexiones sobre la Olimpiada de Física». REF 7 (1) 1993, pp. 52-53. Ed. ADI.
- CLIFFORD, M. (1982). «Tenía Razón Einstein». Ed. Gedisa.
- COLL, C. (1986). «Simposio sobre educación y desarrollo». ICE de la Universidad Autónoma de Madrid.
- COLL, C. (1988). «El marco curricular de una escuela renovada». (Citado en Blanco 1993c: 3).
- COOK, T.D. y REICHARDT, C.H.S. (1986). «Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa». Ed. Morata.
- DAVIES, P. (1985). «La frontera del infinito». Ed. Biblioteca Científica Salvat.

- DENZIN, N.K. (1978). «The Research Act: A theoretical Introduction to Sociological Methods», 2ª ed. Nueva York, Mac Graw-Hill.
- DOBADO, A. (1994). «Sobre el descubrimiento del último quark». REF 8 (3) 1994, pp. 32-36. Ed. ADI.
- FEYMAN, R.P. (1972). «Física», vol. II. Edición bilingüe. Fondo Educativo Interamericano, S.A.
- FEYMAN, R.P. (1985). «¿Está usted de broma Sr. Feymann?». Ed. Alianza.
- FEYMAN, R.P. (1987). «Física». Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana.
- FOWLER, R. (1974). «Understanding language. An introduction to linguistics». Rotledge and Kegan Paul, Londres.
- FRANEAU, J. (1996). «Física». Ed. Urmo.
- FRENECH, A. (1974). «Relatividad especial». Ed. Reverté S.A.
- FRIEDMAN, M. (1991). «Fundamentos de las teorías del espacio-tiempo». Ed. Alianza.
- GARCIA, D. (1996). «La enseñanza de la Física, un ejemplo como propuest.». REF 10 (4) 1996. Ed. ADI.
- GARDNER, M. (1976). «La explosión de la Relatividad». Biblioteca Científica Salvat.
- GIL, D. (1993). «Contribución de la Historia de la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación». Enseñanza de las Ciencias.
- GIL, D. y SOLBES, J. (1993). «The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science». International Journal Science Education 15 (3), pp. 255-260.
- GIL-PEREZ, D. y VILCHES, A. (2000). «Reunión bienal de Valencia. Grupo de enseñanza de la R.S.E.F.». REF 13 (5) 2000. Ed. ADI.
- GIL y otros (1988). « $E=mc^2$, la ecuación más famosa de la Física: una incomprendida». REF 2 (2) 1988, pp. 53-55.
- GOETZ, J.P. y LE COMPTE, M.D. (1984). «Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa». Ed. Morata.
- GONZALEZ, R. (1993). «Física: una aproximación a la naturaleza». REF 7 (2) 1993. Ed. ADI.
- GUTIERREZ, J. (1993). «Enseñanza de la Física: Un reto a la imaginación». REF 7 (3) 1993, pp. 50-53. Ed. ADI.
- GUTIERREZ, J. (1997). «El principio más fundamental: La Física mantiene las formas, en sus contenidos, pese a los avances en su propio seno». REF 11 (3) 1997. Ed. ADI.
- HERNANDEZ, J. y SOLBES, J. (1992). «Materiales didácticos: Ciencias de la Naturaleza y la Salud. Física y Química». Ed. Ministerio de Educación y Ciencia. Dirección General de Renovación Pedagógica.
- HERNANDEZ, J. y SOLBES, J. (1996). «Materiales didácticos: Ciencias de la Naturaleza y de la Salud. Física y Química». Ed. Ministerio de Educación y Ciencia.
- HERRAN, C. y ALONSO, A. (2002). «Didáctica, pedagogía, enseñanza, aprendizaje de la Física». REF 16 (4) 2002. Ed. ADI.

- HERRERO, F. (1997). «Principio de Equivalencia de Einstein en lugar de las Fuerzas de Inercia». REF 11 (3) 1997, pp. 43-46. Ed. ADI.
- JAMES y TREFIL (1985). «De los átomos a los quarks». Biblioteca Científica Salvat.
- KUHNT, T. (1975). «La estructura de las revoluciones científicas». Ed. FCE.
- LANDAU y LIFSHITZ (1987). «Teoría Clásica de los Campos». Ed. Reverté.
- LOFLAND, J. (1971). «Analyzing Social Settings. A Guide to Qualitative Observation and Analysis». Belmont. Cal: Wadsworth.
- LOPEZ DE LERMA, J. (1990). «Una Física alternativa». Euroliceo S.A., pp. 73-82.
- MEC (1989). «Libro Blanco para la Reforma del Sistema Educativo». Ministerio de Educación y Ciencia. (Citado en Blanco 1993a: 5-6).
- MEC (1993b). «Materiales Didácticos, Física (Bachillerato)». Ministerio de Educación y Ciencia.
- MEC (1993b). «Materiales Didácticos. Física (Bachillerato)». Ministerio de Educación y Ciencia.
- MERINO, M. (2002). «La crisis de la Física». Enseñanza de las Ciencias 20 (1) 2002, pp. 185-190. Ed. Alambique.
- NOVACK, J. (1982). «Teoría y práctica de la enseñanza». Ed. Alianza.
- OLIVA, J. y PONTES, A. (1996). «Fuerzas de Inercia y enseñanza de la Física». REF 10 (3) 1996. Ed. ADI.
- OLIVA, J. (1992). «Preconcepciones en dinámica». REF 6 (3) 1992. Ed. ADI.
- OSBORNE, J. (1996). «Byond. Constructivism». Science Education 80 (1) 1996, pp. 53-82. Ed. John Wiley.
- PONENCIA en el Senado (2002). «Informe de la Ponencia sobre la situación de la educación de las ciencias en Enseñanza Secundaria». REF 16 (3) 2002. Ed. ADI.
- REAL DECRETO 1.179/1992 de 2 de Octubre. (BOE nº 253, de 21 de Octubre de 1992).
- REIGOSA, C. y JIMENEZ, M.P. (2000). «La cultura científica en la resolución de problemas de laboratorio». Enseñanza de las Ciencias 18 (2000), pp. 263-471. Ed. Alambique.
- RODRIGUEZ, A. (2000). «Aspectos a destacar sobre la asignatura de física y química en Enseñanza Secundaria y Bachillerato». REF 14 (3) 2000,. Ed. ADI.
- ROSADO, L. (1993). «Investigación y formación del profesorado en didáctica de las ciencias». Universidad / Formación de profesores. UNED.
- ROSADO, L. y OLIVA, J. (1995). «Investigación científica e investigación-acción en didáctica de la Física». Actas Congreso Didáctica de la Física.
- ROSADO, L. y PONTES, A. (1995). «Un análisis crítico de los planteamientos del Nuevo Sistema Educativo». Actas Congreso Perspectivas para la Enseñanza de la Física en la Enseñanza Secundaria.
- RUCKER, R. (1987). «La Cuarta Dimensión». Ed. Salvat.
- RUIZ, A.; VALERA, P. y MARTINEZ, M.M. (1995). «Didáctica de la Física y Química CAP 1994-1995». ICE, Universidad Complutense de Madrid.

- RUSSELL, B. (1985). «ABC de la Relatividad». Orbis.
- SMITH, J. (1969). «Introducción a la Relatividad Especial». Ed. Reverté, S.A.
- SOLBES, J. (1993). «Física». Ministerio de Educación y Ciencia.
- SOLBES, J. (1996). «La Física Moderna y su enseñanza». Didáctica de las Ciencias Experimentales, nº 10, octubre, pp. 59-67. Ed. Alambique.
- SOLBES, J. (1996). «Materiales Didácticos. Física de Bachillerato». Ministerio de Educación y Ciencia.
- SOLBES, J.; CALVO, A. y POMER, F. (1994). «El futuro de la enseñanza de la Física». REF 8 (4) 1994, pp. 45-49. Ed. ADI.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1992). «El modelo constructivista y las relaciones ciencia, técnica y sociedad». Enseñanza de las Ciencias, 10 (2), pp. 181-186.
- STENHOUSE, L. (1984). «Investigación y desarrollo del curriculum». (Citado en Blanco 1993c: 3).
- TREFIL, J. (1984). «De los átomos a los quarks». Ed. Biblioteca Científica Salvat.
- VAZQUEZ, A. (1994). «El paradigma de las concepciones alternativas y la formación de los profesores de ciencias». Enseñanza de las Ciencias, vol. 12, nº 1, pp. 3-14.
- VERA, J. (1993). «Algunas consideraciones sobre la utilización de las Matemáticas en la enseñanza de la Física de BUP y COU». Ed. ADI, REF 7 (4) 1993, pp. 49-51.
- VERA, J. (1994). «Definición correcta de conceptos y resolución de problemas». REF 8 (1) 1994, pp. 57-59. Ed. ADI.
- WARREN, J.W. (1976). «The mystery of mass-energy». Physics Education 11, pp. 52-54.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ESPECÍFICAMENTE DE APOYO A LA PEDAGOGÍA

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D. y HANESIAN, H. (1983). «Psicología educativa. Un punto de vista cognitivo». Trillas, México.

Las ideas de Ausubel y Novak sobre psicología cognitiva.

COLL, C. (1986). «Un marco psicológico para el currículo escolar». Servicio de Innovación y Reforma, 1988. MEC.

Es un trabajo para el Simposium sobre Educación y desarrollo (1986), ICE, Universidad de Autónoma de Madrid, en el que se hace un estudio de posibles fuentes (psicológicas, socio-culturales, teorías sobre los procesos cognitivos, etc.) a tener en cuenta en la elaboración del currículo escolar, es decir de aplicación al qué, cómo, cuándo..., enseñar y evaluar.

COLL, C. (1981). «Psicología genética y educación». Ed. Oikos-Tau, Barcelona.

Es un análisis sobre actuaciones concretas de aplicación: sobre programa abierto y cerrado, los usos de la representación, de la participación activa... Recopilación de datos sobre experiencias de aplicación de las teorías de Piaget.

DRIVER, R. (1986). «Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. Enseñanza de las ciencias», 4 (1) 1986: 3-15.

Sobre la importancia en el aprendizaje de los esquemas conceptuales alternativos y «previos». Actividades orientativas para facilitar el cambio conceptual.

FEYERABEND, P.; RADNITZKY, G.; STEGMÜLLER, W. y otros (1984). «Estructura y desarrollo de la ciencia». Ed. Alianza Editorial, Madrid.

Analiza diferentes posiciones sobre lo que representan cuestiones como: historia de la ciencia, lógica, verdad... (según Popper o según Kant, Lakatos...); o las ideas de Adams y Sneed sobre la reducción de las nuevas teorías (o revoluciones científicas) a las antiguas...

CHALMERS, A. (1982). «¿Qué es esa cosa llamada ciencia?». Ed. Siglo Veintiuno, España Editores, Madrid.

Sobre el problema de la inducción. El concepto de hipótesis: explica, por ejemplo, por qué una hipótesis si ha de formar parte de la ciencia, ha de ser falseable o si no, no nos dice nada del mundo. La utilidad de los paradigmas. La relación entre los cambios de las teorías conceptuales y el mundo de la física...

IGLESIAS, A.; OLIVA, J.M. y ROSADO, L. (1989). «Propuesta de un modelo constructivista para la enseñanza/aprendizaje de la Física en Educación Secundaria. Enseñanza de la Física en el Nuevo Sistema Educativo». UNED, 1995.

Sobre la aplicación del modelo constructivista en el aula (programas-guía...), generación de situaciones de conflicto, introducción de ideas nuevas, utilización.

KUHN, T. (1975). «La estructura de las revoluciones científicas». Ed. F.C.E., Madrid.

Sobre la relación: reglas, paradigmas, ciencia normal. Los cambios de paradigma (revoluciones científicas).

LOPEZ, S. y ROSADO, L. (1995). «Aprendizaje constructivista de Física Moderna en el nuevo Bachillerato». Actas IX Congreso sobre Didáctica de la Física, Microelectrónica, Microprocesadores y Astronomía para profesores. UNED, Madrid.

Configura un esquema conceptual del «mapa» general de la Física. Además desarrolla significativamente la introducción a los procedimientos matemáticos.

LOPEZ DE LERMA, J. (1989). «Una Física alternativa. Revista de las Ciencias y Tecnología». Euroliceo S.A., Madrid.

Se apuntan los nuevos paradigmas que interpretarían el Universo frente a los clásicos.

MAYER, R. (1985). «El futuro de la psicología cognitiva». Ed. Alianza Editorial, Madrid.

Descripción y análisis sobre experiencias concretas de las estructuras cognitivas. Primero desde un planteamiento desde las implicaciones en el conocimiento verbal. La aplicación del modelo cibernético al análisis de los procesos cognitivos: estados inicial y final (meta) a alcanzar por estados intermedios «submetas» a través de «operadores» de transformación.

NOVAK, J. (1982). «Teoría y práctica de la educación». Ed. Alianza Editorial, Madrid.

Sobre las teorías de Ausubel sobre la psicología del aprendizaje. Los conceptos inclusores. Aplicación al aula.

NOVAK, J. y GOWIN, D. (1988). «Aprendiendo a aprender». Martínez Roca, Barcelona.

NOVAK, J.D. (1988). «Learning Science and the Science of Learning». Studies in Science Education, 15.

OLIVA, J.M^a. y ROSADO, L. (1992). «Europhysies Conference Abstracts». International Conference on History of the Physical-Mathematical Sciences and Teaching of Sciences, 96-97. Madrid.

Relación entre el nivel de razonamiento y las ideas previas.

OSBORNE, J. (1996). «Byond. Constructivism». *Science Education* 80 (1) 1996, pp. 53-82. Ed. John Wiley.

PIAGET, J. (1969). «Biología y conocimiento». Ed. Siglo Veintiuno Editores, Madrid.

Un estudio del proceso del conocimiento y aprendizaje basado en su origen embrionario, su analogía con los procesos biológicos de desarrollo y fundamentalmente de regulación.

POSNER, G.J. y otros (1982). «Acomodation of scientific conception: toward a theory of conceptual change». *Science Education*, 66 (2)

Describe el modelo de cambio conceptual.

REVISTA ESPAÑOLA DE FÍSICA. Ed. Real Española de Física, Universidad Complutense, Madrid.

Aporta información sobre lo último en Física teórica e investigación. Material útil para programas-guía. Artículos sobre didáctica. Relación entre Física y empresa. Encuestas sobre resultados de aplicación de modelos didácticos sobre resultados (COU, Olimpiadas, etc.).

ROSADO, L. y PONTES, A. (1985). «La representación del conocimiento en inteligencia artificial, mediante redes semánticas. Aplicaciones en la enseñanza de la Física. Enseñanza de la Física en el Nuevo Sistema Educativo (curso)». U.N.E.D., 1995.

ROSADO, L. y OLIVA, J.M. (1985). «Diseño de un Programa-guía sobre fuerzas gravitatorias. Enseñanza de la Física en el Nuevo Sistema Educativo (curso)». U.N.E.D., 1995.

Ejemplo de Programa-guía: planteamiento general: objetivos conceptuales, procedimentales, actitudinales...; contenido; actividades: propiciatorias de conflicto y cambio conceptual.

RUIZ SAINZ DE MIERA, A. y ROSADO, L. (1988). «Los Diagramas conceptuales en la didáctica de las ciencias. Su construcción y uso. Enseñanza de la Física en el Nuevo Sistema Educativo (curso)». U.N.E.D., 1995.

Descripción de lo que son utilidades y confección de Diagramas Conceptuales. Su uso.

VIGOTSKY, L.S. (1973). «Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar». *Psicología y Pedagogía*. Akal, Madrid.