



**MASTER UNIVERSITARIO EN PROFESOR DE EDUCACIÓN
SECUNDARIA OBLIGATORIA Y BACHILLERATO, FORMACIÓN
PROFESIONAL Y ENSEÑANZA DE IDOMAS**

Experiencias de cátedra para alumnos de Física 2º Bachillerato

Preparación de prácticas de laboratorio de
Física para alumnos de 2º Bachiller

Alumno: Pablo Espejo González

Tutores: Marco Antonio Gigosos, José María Muñoz, Carlos Torres

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	2
1.1	Resumen.....	2
1.2	Objetivo del Trabajo Fin de Máster.....	2
1.3	Justificación de la temática elegida.....	2
2	CONTEXTUALIZACIÓN DE LA TEMÁTICA DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER.....	3
3	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EDUCATIVO.....	5
3.1	Objetivos de las actividades.....	5
3.2	Metodología y didáctica.....	6
3.3	Organización y temporalización de las actividades.....	7
3.4	Evaluación del proceso enseñanza/aprendizaje.....	8
4	PRÁCTICAS Y EXPERIENCIAS DE CÁTEDRA FÍSICA CLÁSICA.....	9
4.1	Influencia de la distribución de la masa en rotación en plano inclinado. Interacción gravitatoria.....	9
4.2	Observación del sonido. Vibraciones y ondas.....	14
4.3	Efecto doppler con un reloj. Vibraciones y ondas.....	17
4.4	Jaula de Faraday. Interacción electromagnética.....	20
4.5	Inducción electromagnética. Interacción electromagnética.....	24
4.6	Inducción misteriosa del Aluminio. Interacción electromagnética.....	29
4.7	Duna Láctea. Estimación de la velocidad de la luz. Interacción electromagnética.....	31
4.8	Botella invisible, experimento de la glicerina. Óptica.....	35
5	CONCLUSIONES.....	39
6	BIBLIOGRAFÍA.....	40
7	ANEXOS.....	41
7.1	Costes del material empleado.....	41
7.2	Enlaces a los videos de las experiencias realizadas.....	43

1 INTRODUCCIÓN.

1.1 Resumen.

En este Trabajo Fin de Máster se ha propuesto una serie de experiencias de cátedra para la asignatura de Física de 2º Bachillerato empleando materiales de bajo coste. Estas experiencias sirven como complemento didáctico para facilitar la adquisición de los contenidos del temario mediante la observación de los fenómenos, permitiendo ilustrar alguno de los métodos utilizados en la actividad e investigación científica, en un periodo reducido de tiempo.

1.2 Objetivo del Trabajo Fin de Máster.

El objetivo del Trabajo de Fin de Máster es el de desarrollar una actividad didáctica, en este caso de la especialidad de Física y Química, en el que se analicen y reflexionen sobre todos los aspectos teóricos y experimentales que se han aprendido a lo largo de este Máster.

En el caso de la enseñanza de las asignaturas de ciencias es necesario el conocimiento y dominio de diferentes recursos didácticos, así como de los diferentes niveles de abstracción, para poder explicar de forma ordenada, clara y sencilla los conceptos científicos más abstractos relacionados con estas materias y así acercarlas al alumnado, de modo que tomen consciencia de la relevancia de las ciencias en la sociedad actual.

1.3 Justificación de la temática elegida.

La elección de: ***“Experiencias de cátedra para alumnos de Física 2º bachillerato: Preparación de prácticas de laboratorio para alumnos de 2º Bachiller”*** como Trabajo Fin de Máster (TFM), surge de la creencia personal de la necesidad de utilizar la experimentación como herramienta educativa que está intrínsecamente ligada a las ciencias experimentales.

Es de vital importancia hacer entender al alumno que en la Física, la teoría y la práctica no pueden separarse. Explicarles que las leyes físicas establecidas, que nos ayudan a comprender y dar explicación a los fenómenos que ocurren en la naturaleza, han sido fruto de innumerables experimentos cuya validez siempre es bajo unas determinadas condiciones. Por lo tanto, la experimentación es parte fundamental del estudio de la Física.

Se ha escogido el bloque de Física clásica (Interacción gravitatoria, vibraciones y ondas, óptica e Interacción electromagnética) para la elaboración de estas experiencias debido a que la mayor parte del temario que se imparte en la asignatura de Física de 2º Bachillerato pertenece a este bloque y que además los materiales empleados son baratos y fáciles de conseguir.

A raíz de lo explicado en el módulo genérico, en donde se explicó que el ser humano aprende antes, más y mejor los contenidos cuando observa y realiza las actividades; considero que es difícil que el alumnado llegue a comprender e interiorizar ciertos conceptos abstractos sino se le permite la observación de los fenómenos que son el origen de dichos conceptos y la base de cualquier ciencia.

Otra de mis razones a la hora de escoger esta temática para el TFM ha sido: intentar con mi propuesta acercar y despertar el interés a los alumnos por el estudio de las ciencias para así evitar la reducción de alumnado en esta materia debido a que actualmente se escogen otras ramas educativas más asequibles. Por todo ello, veo la necesidad de desarrollar una programación de experiencias de cátedra en la asignatura de Física de 2º de bachillerato.

2 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA TEMÁTICA DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER.

Por ser esta propuesta de carácter experimental encuadrada dentro del temario de la asignatura de Física, según el DECRETO 42/2008, de 5 de Junio (B.O.C.yL nº111), por el que se establece el currículo de bachillerato en la Comunidad de Castilla y León, la propuesta experimental que se describe en este trabajo está vinculada al los bloques 2, 3, 4, y 5 de la programación de Física de 2º Bachillerato, referente a la Física clásica, recogida a continuación:

2. Interacción gravitatoria:

- Una revolución científica que modifico la visión del mundo. De las leyes de Kepler a la Ley de Gravitación Universal. Energía Potencial gravitatoria.

- El problema de las interacciones a distancia y su superación mediante el concepto de campo gravitatorio. Magnitudes que lo caracterizan: intensidad y potencial gravitatorio.

- Estudio de la gravedad terrestre y determinación experimental de g. Movimiento de los satélites y cohetes. Visión actual del universo: separación de galaxias, origen y expansión del universo.

3. Vibraciones y ondas:

- *Movimiento oscilatorio. Movimiento vibratorio armónico simple: estudio experimental de las oscilaciones del muelle. Ecuación del movimiento armónico simple: elongación, velocidad y aceleración. Dinámica del movimiento armónico simple. Energía de un oscilador armónico.*
- *Movimiento ondulatorio. Clasificación de las ondas. Magnitudes características de las ondas. Ecuación de las ondas armónicas planas. Energía de las ondas. Intensidad de una onda.*
- *Principio de Huygens. Reflexión y refracción. Estudio cualitativo de los fenómenos de difracción e interferencias. Ondas estacionarias. Ondas sonoras. Efecto Doppler.*
- *Aplicación de las ondas al desarrollo tecnológico y a la mejora de las condiciones de vida (sonar, ecografía, etc.). Impacto en el medio ambiente.*
- *Contaminación acústica, sus fuentes y efectos. Medidas de actuación.*

4. Óptica:

- *Controversia histórica sobre la naturaleza de la luz: modelos corpuscular y ondulatorio. Dependencia de la velocidad de la luz con el medio. Propagación de la luz: reflexión y refracción. Conceptos de absorción, difracción y dispersión de la luz. Espectro visible.*
- *Óptica geométrica: Comprensión de la visión y formación de imágenes en espejos y lentes delgadas: estudio cualitativo. Pequeñas experiencias. Construcción de algún instrumento óptico (telescopio sencillo...)*
- *Aplicaciones médicas y tecnológicas.*

5. Interacción electromagnética:

- *Campo eléctrico. Magnitudes que lo caracterizan: intensidad de campo y potencial eléctrico. Relación entre fenómenos eléctricos y magnéticos. Campo creado por un elemento puntual. Principio de superposición. Campo creado por una corriente rectilínea. Estudio comparativo entre los campos gravitatorio y eléctrico.*
- *Campo creado por una carga móvil, por una corriente indefinida, por una espira circular y por un solenoide en su interior.*
- *Acción de un campo magnético sobre una carga en movimiento. Fuerza de Lorentz. Acción de un campo magnético sobre una corriente rectilínea. Estudio cualitativo de la acción de un campo magnético sobre una espira. Mención a sus aplicaciones. Experiencias con bobinas,*

imanes y motores. Magnetismo natural. Analogías y diferencias entre campos gravitatorio, eléctrico y magnético.

- Interacciones magnéticas entre corrientes paralelas. El amperio.

- Inducción electromagnética. Experiencias de Faraday y Henry. Leyes de Faraday y de Lenz. Producción de corrientes alternas. Referencias al impacto medioambiental de la energía eléctrica y a las fuentes de energía renovables. Importancia de la síntesis electromagnética de Maxwell. Ondas electromagnéticas, aplicaciones y valoración de su papel en las tecnologías de la comunicación.

El tema de la propuesta entra dentro del marco general de la asignatura que requiere conocimientos previos de física y química de los cursos anteriores.

3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EDUCATIVO.

3.1 Objetivos de las actividades.

A continuación se muestran los objetivos que se pretenden conseguir mediante la realización de las actividades, parte de ellos se han extraído del B.O.C.yL 42/2008, de 5 de Junio de la asignatura de Física. Estos objetivos están clasificados en conceptuales, procedimentales y actitudinales. Los objetivos conceptuales particulares para cada actividad, están recogidos en la ficha técnica correspondiente.

- **Objetivos conceptuales.**

- Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos.

- Analizar situaciones y obtener información sobre fenómenos físicos utilizando las estrategias básicas del trabajo científico.

- Utilizar correctamente las unidades así como los procedimientos apropiados para la resolución de problemas.

- **Objetivos procedimentales.**

- Dominar, tanto en su expresión oral como escrita, la lengua castellana, y conocer los libros de consulta más representativos.

- Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la asignatura.
- Manejar las herramientas e instrumentos para la realización adecuada de las prácticas.
- Participar de forma activa y solidaria en el desarrollo y mejora del entorno social y natural.
- Identificación y análisis de situaciones.
- **Objetivos actitudinales.**
 - Actuar de manera responsable.
 - Desarrollar su espíritu crítico.
 - Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina.
 - Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.
 - Ponderación de juicios y valoración de opiniones.
 - Desarrollo y consolidación del sentido de la solidaridad para la realización del trabajo en grupo.

3.2 Metodología y didáctica.

Considero que la metodología empleada para la enseñanza ha de ser activa y adaptable al grupo de alumnos y a las circunstancias, basada en los ideales constructivistas de aprendizaje recogidos en el informe de la UNESCO, *“La Educación encierra un tesoro”*, en el que se fomenta el aprendizaje significativo para el desarrollo de las capacidades metacognitivas del alumnado .

En las actividades propuestas son de carácter inductivo (en los que el alumnado adquiere conocimientos a través de la observación activa), en el caso de las experiencias de cátedra. Este tipo de actividades son beneficiosas para el aprendizaje ya que resultan novedosas para los alumnos (rompiendo con la rutina en el aula), son actividades que realizan por ellos mismo y que además por la sencillez y baja peligrosidad de los materiales empleados pueden repetirlas fuera del ámbito del aula, fomentando su curiosidad y creatividad.

En todas y cada una de estas actividades se fomenta el trabajo en grupo y el respeto por la opinión del resto. La finalidad de estas actividades es despertar el interés y participación del alumnado, de manera que el alumno sea el protagonista del proceso de aprendizaje en el que se combina teoría y aplicación tomando el docente un rol de guía para ayudar al alumno con cualquier duda que pudiera surgirle.

3.3 Organización y temporalización de las actividades.

Las actividades experimentales que se proponen en este trabajo están pensadas como experiencias de cátedra para que sean visionadas y/o realizadas por el alumnado. La escasa peligrosidad de las actividades y de los materiales empleados para el desarrollo de las mismas, hace posible que se puedan realizar en la propia aula si el centro no dispusiera de un aula de laboratorio destinada a tal fin.

El tiempo estimado para la realización de las experiencias de cátedra se realizará en una única sesión de 50 minutos por cada experiencia. Se detalla la secuenciación de actividades a continuación:

➤ Sesión 1

Durante la sesión, los alumnos se colocarán entorno al profesor o un alumno durante la realización del experimento. Tras la realización de la experiencia se iniciará un breve tiempo de reflexión para que el alumnado asimile lo que acaba de presenciar permitiendo incluso aquellos alumnos que lo soliciten repetir la experiencia o que sea realizada por ellos mismo. Después de dicho tiempo, el profesor realizará una serie de preguntas a un número de alumnos al azar y se iniciará un pequeño debate sobre los fenómenos involucrados en dicha experiencia en dónde todos participen y expresen su opinión. Para finalizar con la sesión, el docente explicará los fenómenos implicados con el fin de resolver las dudas y corregir los errores conceptuales que se hayan podido generar durante el periodo de reflexión. Se les entregara a los alumnos un breve cuestionario sobre la experiencia para que lo realicen en su cuaderno de laboratorio.

Evaluación	Experiencias de cátedra	Temario
1ª Evaluación	Influencia de la distribución de la masa en rotación en plano inclinado.	Interacción gravitatoria
1ª Evaluación	Observación del sonido	Vibraciones y ondas
1ª Evaluación	Efecto Doppler con un reloj	Vibraciones y ondas
2ª Evaluación	Jaula de Faraday	Interacción

		electromagnética
2ª Evaluación	Inducción electromagnética	Interacción electro magnética
2ª Evaluación	Inducción misteriosa del Aluminio	Interacción electromagnética
3ª Evaluación	Duna Láctea	Interacción electromagnética
3ª Evaluación	Botella invisible. Experimento de la glicerina	Óptica

Tabla 1: Temporalización de las experiencias junto con el temario correspondiente.

Estas experiencias de cátedra pueden realizarse una vez impartido el temario correspondiente a modo de refuerzo, o como introducción al temario relacionado con dicha experiencia.

3.4 Evaluación del proceso enseñanza/aprendizaje.

Todo proceso de enseñanza/aprendizaje debe tener como finalidad que los alumnos aprendan, es decir, que adquieran una serie de conocimientos y competencias para que sean capaces de desarrollarlas y aplicarlas en su vida cotidiana. La tendencia actual se basa en una evaluación continua, global, integradora e individualizada del proceso de enseñanza/aprendizaje. La evaluación, por otra parte se convierte en un instrumento de acción pedagógica para el análisis y mejora del proceso educativo. Desde este punto de vista, la finalidad de la evaluación es la de proporcionar información al profesorado sobre el rendimiento obtenido de la metodología empleada con respecto a los objetivos iniciales que se habían establecido.

En el caso de las actividades propuestas, la evaluación de los conocimientos, competencias adquiridas y objetivos alcanzados por el alumno se basa en los siguientes aspectos:

- Evaluación continua del trabajo de campo: La adquisición de conocimientos en el desarrollo de las experiencias a través de un breve cuestionario, capacidad de trabajar en un grupo (comunicación, colaboración y respeto a las opiniones del resto de compañeros) y actitud del alumno en clase y/o en el laboratorio para con la tarea (actitud científica, saber estar y hacer). (30%).
- Cuaderno: La exposición razonada y coherente de las conclusiones obtenidas tras las experiencias de cátedra y cuestionarios realizados. Orden y limpieza en el cuaderno de laboratorio. (70%).

- Aparte el docente deberá realizar un informe tras la realización de las prácticas de cara a mejorar la calidad de la enseñanza si se pudiese.

4 PRÁCTICAS Y EXPERIENCIAS DE CÁTEDRA FÍSICA CLÁSICA.

4.1 Influencia de la distribución de la masa en rotación en plano inclinado. Interacción gravitatoria.

- **Material empleado:**

- Plastilina.
- 3 cilindros de cartón (papel higiénico).
- Bloque soporte MF.
- Carril para plano inclinado.
- Enchufes de acoplamiento 5.
- Pie soporte multifuncional.
- Varillas 10 mm \varnothing x 25 cm.

- **Tiempo de montaje:**

- 10 minutos.

- **Fenómeno observado:**

Se observa que tres cilindros con el mismo radio y masa, aunque distribuida de diferente forma en cada uno de ellos, descienden en distinto orden.

- **Procedimiento experimental:**

Se coge cada uno de los tres cilindros de cartón y se distribuye la plastilina en su interior de forma simétrica respecto al eje que pasa por el centro del cilindro. Se trata de generar simetrías simples para las cuales sea posible estimar su momento de inercia. En uno de los cilindros se distribuye sobre la cara interna en el centro, otro de los cilindros se distribuye la plastilina formando un disco en el centro y por último una forma en la que concentre la mayor parte de la masa de la plastilina en el eje de rotación del cilindro. En todos los casos la distribución de la masa sea simétrica (centro de masas) con respecto al eje de simetría del cilindro, sino se podría desestabilizar en la caída

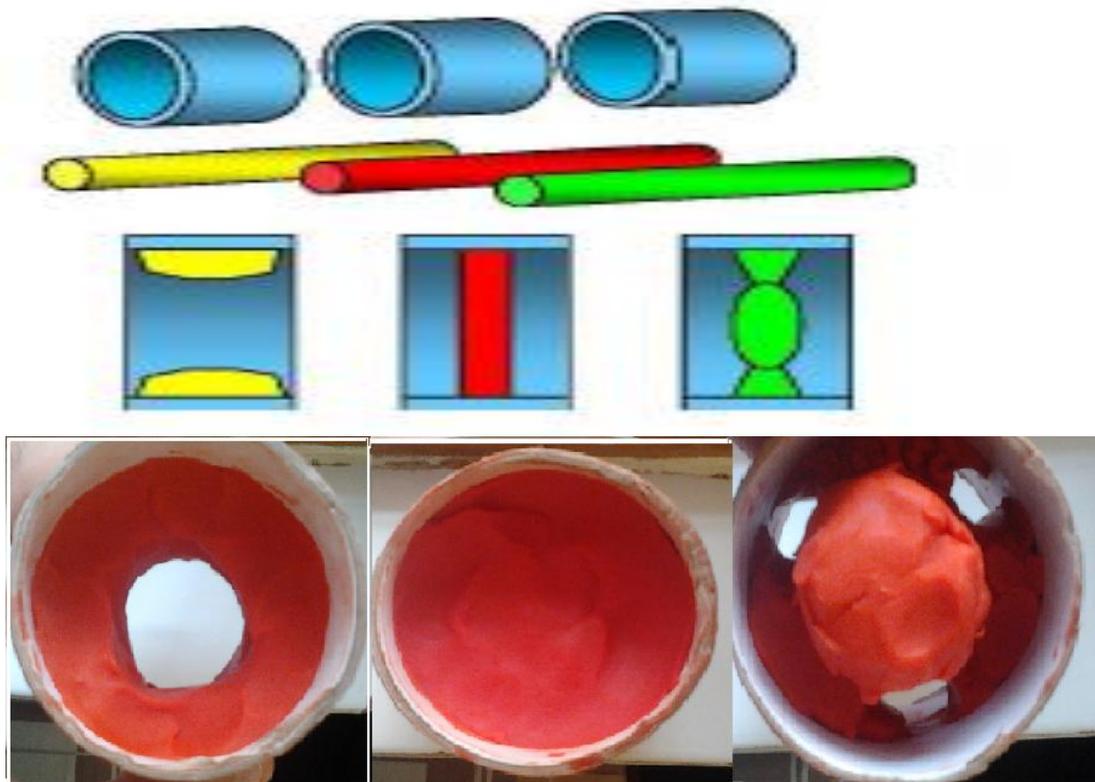


Figura 1: Distribución de la plastilina dentro de los cilindros.

Se muestra a los alumnos que los cojan para que así comprueben que pesan lo mismo (pudiéndoles pesar en una pequeña bascula) y preguntarles cuál de ellos será el más rápido en caer por el plano inclinado. Situarles en el plano inclinado a una cierta distancia entre ellos, sujetarles con una barra y soltarlos para que caigan a la vez. Repetir la experiencia un par de veces alternando en dejar caer dos o tres cilindros. Procurar tener un tope al final del recorrido para que los cilindros no prosigan su camino y puedan romperse.

- **Fundamento teórico:**

- Centro de masas:

- El centro de masas de un sistema discreto o continuo es el punto geométrico que dinámicamente se comporta como si en él estuviera aplicada la resultante de las fuerzas externas al sistema. Normalmente se abrevia como **c.m.**

- En un tratamiento de sistemas de masas puntuales el centro de masas es el punto donde, a efectos inerciales, se supone concentrada toda la masa del sistema. El concepto se utiliza para análisis físicos en los que no es indispensable considerar la distribución de masa. Por ejemplo, en las órbitas de los planetas.

- En la Física, el centroide, el centro de gravedad y el **centro de masas** pueden, bajo ciertas circunstancias, coincidir entre sí. En estos casos se suele utilizar los términos

de manera intercambiable, aunque designan conceptos diferentes. El centroide es un concepto puramente geométrico que depende de la forma del sistema; el centro de masas depende de la distribución de materia, mientras que el centro de gravedad depende también del campo gravitatorio. Así tendremos que:

1. El centro de masas coincide con el centroide cuando la densidad es uniforme o cuando la distribución de materia en el sistema tiene ciertas propiedades, tales como simetría.
2. El centro de masas coincide con el centro de gravedad, cuando el sistema se encuentra en un campo gravitatorio uniforme (el módulo y la dirección de la fuerza de gravedad son constantes).

Para un sistema de masas discreto, el centro de masas se calcula como:

$$r_{cm} = \frac{\sum_i m_i \cdot r_i}{\sum_i m_i} = \frac{1}{M} \sum_i m_i \cdot r_i$$

Para sistemas de masa continuos o distribuciones continuas de materia, el centro de masas se calcula como:

$$r_{cm} = \frac{\int r \, dm}{\int dm} = \frac{1}{M} \int r \, dm$$

Momento de Inercia:

El momento de inercia es una medida de la oposición de un cuerpo al cambio en el estado de movimiento de rotación. Es una medida de la inercia de rotación del cuerpo.

Sistemas discretos: $I = \sum_i m_i r_i^2$

Sistemas continuos: $I = \int r^2 \, dm$

La integral involucra el producto de cada elemento de masa del sistema por el cuadrado de la distancia desde el elemento de masas al eje de rotación.

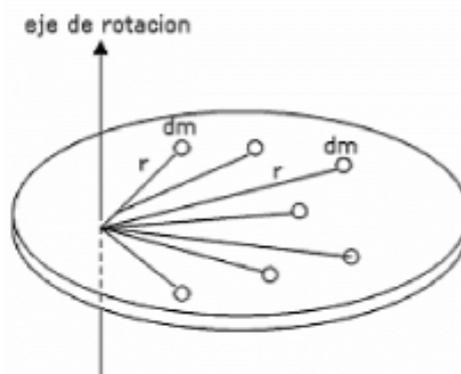


Figura 2: Calculo del momento de inercia, sistema continuo.

El momento de inercia de un cuerpo depende de la ubicación del eje de rotación, es decir, no existe un único valor para el momento de inercia de un cuerpo ya que depende de cómo está distribuida la masa del cuerpo con respecto al eje seleccionado.

Figura	Momento de Inercia
Aro	$I_{cm} = MR^2$
Esfera hueca	$I_{cm} = \frac{2}{3}MR^2$
Cilindro	$I_{cm} = \frac{1}{2}MR^2$
Esfera maciza	$I_{cm} = \frac{2}{5}MR^2$

Tabla 2: Momentos de inercia para cuerpo regulares homogéneos.

Con la ayuda del teorema de Steiner o de los ejes paralelos se puede encontrar la expresión para calcular el momento de inercia con respecto a cualquier eje (O) si se conoce el momento de inercia respecto a un eje paralelo a O que pase por el centro de masa c.m. del cuerpo.

$$I_O = I_{cm} + Md^2$$

Donde d es la distancia entre los ejes O y el que pasa por el centro de masas, y M la masa del cuerpo.

- **Explicación del fenómeno observado y situaciones de la vida cotidiana.**

En el caso de los sólidos que descienden girando sin deslizar, la energía potencial gravitatoria inicial se transforma durante el descenso en energía cinética de translación del c.m. y también de rotación del sólido alrededor del c.m.

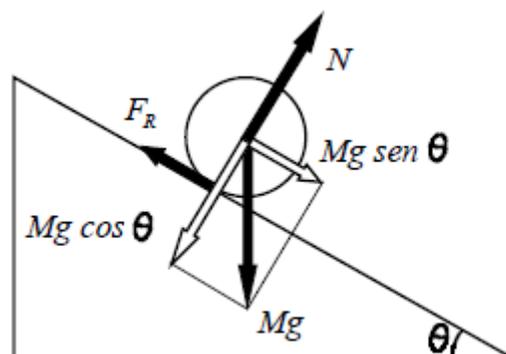


Figura 3: Descomposición de fuerzas en un plano inclinado.

Ya que la componente del peso perpendicular a la superficie inclinada ($M \cdot g \cdot \cos\theta$) es compensada por la reacción normal N del plano; la componente paralela del peso ($M \cdot g \cdot \sin\theta$) y la fuerza de rozamiento Fr originan un par de fuerzas cuyo resultado es la rodadura. Entonces la aceleración con la que se mueve sobre el plano inclinado un sólido sin deslizar es:

$$a = \left(\frac{I}{MR^2} + 1 \right)^{-1} \cdot g \cdot \sin\theta = K \cdot g \cdot \sin\theta$$

De modo que cuanto mayor es la energía de rotación tanto menor es la energía de translación y esto se traduce en una menor aceleración lineal de descenso.

K es un factor de distribución de masa o factor de inercia que para nuestros ejemplos tiene un valor de:

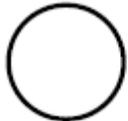
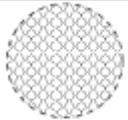
Distribución de la plastilina.	Factor de Inercia K
 <p><i>Periferia</i></p>	1/2
 <p><i>Uniforme</i></p>	3/2
 <p><i>Centrada</i></p>	1

Tabla 3: Relación entre el factor de inercia y al distribución de la masa en el diámetro interno del cilindro.

La velocidad de caída del cuerpo en el punto más bajo del plano inclinado es:

$v = \sqrt{2 \cdot K \cdot g \cdot h}$; siendo h la altura inicial de partida. Las distintas distribuciones de la masa implican distintos factores de inercia, que a su vez repercute en diferentes aceleraciones y velocidades de caída en un plano inclinado. Para una misma altura, el cilindro más rápido es aquel que tiene distribuida la mayor parte de la plastilina en centro del radio de giro ya que el valor de K=1, seguida del cilindro con distribución uniforme, K=3/2 y por último el que tiene la plastilina distribuida por la pared interna del cilindro K=1/2.

- **Cuestionario.**
 - ¿Pesan todos los cilindros igual?
 - ¿Cómo es la distribución de fuerzas en un plano inclinado si la masa es una caja? Dibuja un esquema.
 - En nuestro caso, ¿Cómo sería la distribución de fuerzas para un cilindro en un plano inclinado?
 - ¿Cuál de los cilindros llega antes? ¿Por qué?
 - Si inclinamos más el plano ¿Se obtendría el mismo resultado?
- **Temporalización.**

Se aconseja realizar esta experiencia una vez impartido los contenidos correspondientes a la temática, ya que es necesario tener unas nociones previas para poder comprender los fenómenos involucrados y la terminología empleada en su explicación.

4.2 Observación del sonido. Vibraciones y ondas

- **Material empleado:**
 - Gomas elásticas.
 - Trocitos de goma de borrar.
 - Un bol de cristal.
 - Silbato.
 - Film o papel de cocina transparente.
- **Tiempo de montaje:**
 - 3 minutos.
- **Fenómeno observado:**
 - Se observa que al utilizar el silbato o al chascar los dedos a una cierta distancia del bol, los trocitos de goma empiezan a moverse.
- **Procedimiento experimental:**

Se coloca el Film transparente a forma de tambor en el bol, de modo que la película este lo suficientemente tensa sin llegar a romper. Con una o varias gomas elásticas se sujeta el Film a los laterales del bol para mantener la tensión y se coloca encima del Film los trocitos de goma de borrar. A una corta distancia se empieza a soplar por un silbato y chascar los dedos cerca de la superficie.
- **Fundamento teórico:**

Se llama onda a la propagación de energía sin transporte neto de la materia y se cumple lo siguiente:

- Una perturbación inicial se propaga sin transporte neto de materia.
- Existe un desfase entre el instante de la perturbación inicial y el instante en que la perturbación alcanza los puntos del medio.
- La mayoría de las ondas necesitan un medio material para propagarse.

Tipos de ondas:

- Mecánicas: si la perturbación inicial es de tipo mecánica y necesitan de un medio material elástico para propagarse (ondas de sonido). Además si la energía mecánica que se propaga es originada por un movimiento armónico simple, reciben el nombre de ondas armónicas.
- Electromagnéticas: se propaga energía electromagnética mediante campos oscilatorios eléctricos y magnéticos, de modo que no necesitan de un medio material para propagarse (las características de este tipo de ondas vienen detalladas en el Fundamento teórico de la experiencia 4.7. Duna láctea)

Las ondas mecánicas pueden clasificarse según la dirección de la propagación de la onda (transversal y longitudinal, la dirección de propagación y de vibración de las particular del medio son perpendicular y paralela respectivamente) y el número de dimensiones en que se propaga (unidimensional, bidimensional y tridimensional).

Elementos de una onda:

- Elongación: es el desplazamiento entre la posición de equilibrio y la posición en un instante determinado.
- Amplitud: es la máxima elongación, es decir, es desplazamiento desde el punto de equilibrio hasta la cresta o el valle.
- Longitud de onda (λ): es la distancia comprendida entre dos crestas o dos valles.
- Onda completa: se obtiene una onda completa cuando se ha pasado por las elongaciones positivas y negativas.
- Periodo (T): es el tiempo transcurrido para realizarse una onda completa. Puesto que la velocidad de propagación en las ondas armónicas es constante se tiene que: $\lambda = v \cdot T$
- Frecuencia: es el número de ondas que pasan por un punto en 1 s. Se mide en Hz. $f = \frac{1}{T}$

- Número de onda (k): es el numero de longitudes de onda comprendidas en una distancia 2π . $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{v/f} = \frac{2\pi f}{v} = \frac{\omega}{v}$

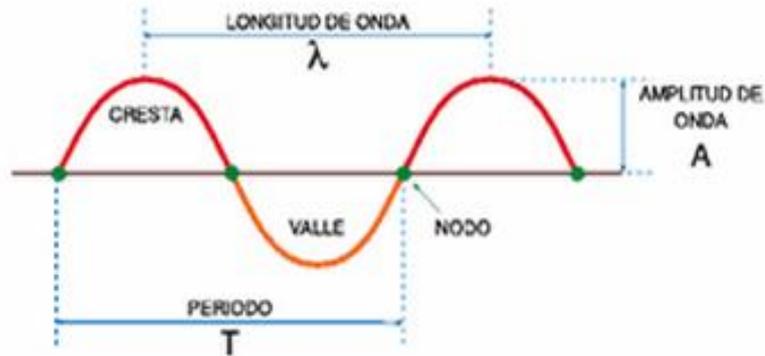


Figura 4: Elementos de una onda.

Una onda armónica es aquella producida en un medio elástico por un movimiento armónico simple m.a.s. El estado de vibración de una partícula en cualquier medio depende de la posición x de dicha partícula y el tiempo. La ecuación de propagación de la onda será la siguiente: $y(x, t) = A \sin(\omega t - kx)$ considerando que la onda se propaga en el sentido positivo de x .

- **Explicación del fenómeno observado y situaciones de la vida cotidiana.**

Al soplar a través del silbato, el aire en su interior vibra y se forman ondas sonoras, por tanto, ondas mecánicas y longitudinales que se propagan a través del aire haciendo vibrar las moléculas de alrededor (generando compresiones y dilataciones) en una dirección. Esta vibración se transmite por el aire y por el papel de Film, provocando que los trozos de goma salten. Ocurre lo mismo cuando se chaquea los dedos cerca del papel de Film.



Figura 5: Fotografía del montaje de la experiencia.

La propagación de las ondas es algo que está presente en nuestro día a día, desde comunicarnos con otras personas, actividades del ocio como tocar la guitarra y en situaciones trágicas como son los terremotos y tsunamis que son provocados por el desplazamiento de placas tectónicas.

- **Cuestionario.**

- ¿Qué es lo que ocurre en la experiencia?
- ¿De qué tipo son las ondas sonoras?
- ¿En qué consiste una onda armónica?
- ¿Cuál es el medio más rápido por el que se propaga una onda mecánica?
- ¿El sonido podría desplazarse en el vacío?

- **Temporalización.**

Esta experiencia puede servir al docente tanto para presentar el tema de vibraciones y ondas, de modo que la experiencia sea intuitiva y promueva la indagación del alumnado, como final del tema a modo de refuerzo.

4.3 Efecto doppler con un reloj. Vibraciones y ondas.

- **Material empleado:**

- Un reloj digital con alarma.
- Una cuerda de 1-2 m.

- **Tiempo de montaje:**

- 2 minutos
- 5 minutos en bajar al patio o separar las mesas en el aula para que exista el suficiente espacio.

- **Fenómeno observado:**

- Se observa una percepción distinta del sonido de la alarma en función de la posición del alumnado con respecto al reloj en movimiento.

- **Procedimiento experimental:**

Es recomendable realizar esta experiencia en un espacio abierto o lejos de la pared porque el sonido podría rebotar y distorsionar la percepción del sonido. Se coge una cuerda y se ata un reloj digital con alarma a uno de los extremos, se recomienda que este bien sujeto para que no salga disparado y lastime algún alumno. El alumnado se distribuye en pequeños grupos a una distancia prudencial, se enciende la alarma y se permite durante unos minutos escuchar la alarma (posición constante), entonces el profesor hace girar el reloj en torno a él con una velocidad de giro constante. Se pide al alumnado que se fije en la tonalidad del sonido de la alarma durante el movimiento. Se pide que los grupos de alumnos se alejen un poco más y se fijen de nuevo en la tonalidad de la alarma durante el movimiento. Después se escoge a un representante de cada grupo de alumnos (o que lo repita cada alumno, todo depende de la cantidad de alumnos en el aula) que se situé en el lugar del profesor y haga girar el reloj. Se recoge el material y empieza el tiempo de reflexión y el debate.

- **Fundamento teórico:**

El efecto Doppler su nombre deriva de su descubridor Christian Andreas Doppler, y consiste en el aparente cambio de frecuencia de una onda producida por el movimiento relativo de la fuente con respecto al observador.

Cuando la fuente esta cerca del observador, la frecuencia será mayor percibiéndose un sonido más agudo (las ondas están más próximas entre sí), en cambio si se aleja, la frecuencia será menor y se percibirá un sonido más grave (las ondas están más alejadas entre sí).

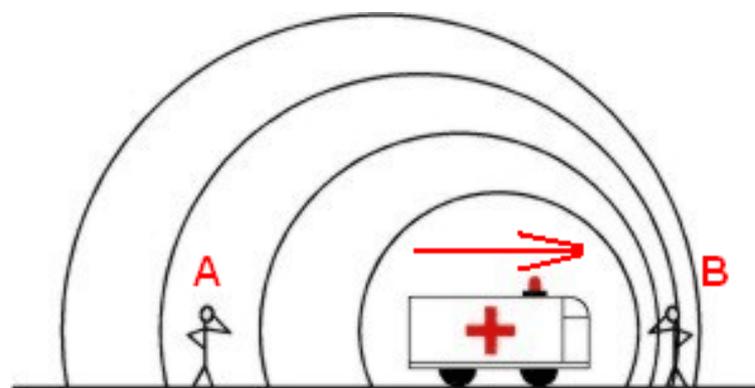


Figura 6: Efecto Doppler.

La formulación matemática de este efecto depende de las velocidades de la fuente y del observador.

$$f' = f \cdot \left(\frac{v \mp v_0}{v \mp v_s} \right)$$

Siendo:

f' la frecuencia percibida por el observador.

f la frecuencia de las ondas.

v es la velocidad de propagación de las ondas respecto al medio.

v_0 es la velocidad del observador.

v_s es la velocidad con la que se desplaza la fuente.

- **Explicación del fenómeno observado y situaciones de la vida cotidiana.**

El profesor y/o el alumno que hacen girar el reloj escucharán la misma tonalidad de la alarma debido a que se encuentran a una distancia fija de la fuente del sonido (el reloj), en cambio al resto de los alumnos percibirán el sonido de forma distinta ya que la distancia del reloj es variable con respecto a ellos, y percibirán las ondas más separadas o juntas cuando el reloj se aleje o se aproxime a ellos en su trayectoria.

Este efecto puede observarse de forma cotidiana cuando la sirena de las ambulancias o la policía se acercan o se alejan de nosotros en la calle. Otra forma de poder realizar una distinción cualitativa de este efecto prestando atención al sonido del motor de nuestro propio coche cuando estamos dentro del mismo a cuando estamos en la calle y éste se acerca/aleja de nosotros.

- **Cuestionario.**

- ¿Qué escuchaste? ¿Se nota la diferencia del sonido de la alarma en reposo y en movimiento? ¿A qué crees que es debido?
- ¿Se nota diferencia de sonido cuando el reloj pasa cerca o lejos?
- Cuando te alejaste del profesor ¿Cómo fue el sonido percibido en comparación con el anterior?
- Si te cambiaste por el profesor ¿Qué es lo que escuchaste? ¿Percibiste algún cambio con respecto a antes?

- **Temporalización.**

Esta experiencia puede servir al docente tanto para presentar el nuevo temario a modo de introducción, de modo que la experiencia sea intuitiva y promueva la indagación del alumnado, como final del tema a modo de refuerzo.

4.4 Jaula de Faraday. Interacción electromagnética.

- **Material empleado:**

- Bote de plástico.
- Papel de aluminio.
- Radio.
- Tijeras.
- Teléfono móvil.

- **Tiempo de montaje:**

- 15 minutos

- **Fenómeno observado:**

- Se observa la pérdida de señal de la radio cuando se le introduce en una caja de galletas envuelta en papel de aluminio. Posteriormente se observa la recuperación de dicha señal al introducir por los laterales del bote un hilo formado a través de papel de aluminio enrollado. Pero al introducir el móvil dentro del mismo bote sí que suena.

- **Procedimiento experimental:**

Se enrolla un bote de plástico con papel de aluminio y se perfora ambos extremos, recortando un pequeño círculo, por donde pasará el cable de aluminio posteriormente. Se enciende la radio, desplazándola del interior al exterior para que el alumnado observe la pérdida de señal en el interior de la caja. Seguidamente se deja la radio en el interior y se tapa el otro extremo de la caja con papel de aluminio dejando los dos orificios libres. Al pasar el cable a través del bote, sin tocar el papel de aluminio que envuelve al bote, y la radio recupera la señal perdida. Con los extremos del cable de papel de aluminio tocamos la envoltura provocando que de nuevo se pierda la señal. Introducimos el teléfono móvil y realizamos una llamada, observando que suena en el interior del bote, pero si cogemos el móvil y lo envolvemos con papel de aluminio, éste pierde la señal.



Figura 7: Realización de la experiencia de cátedra Jaula de Faraday.

Una vez finalizado esta experiencia se apaga la radio y empieza el tiempo de reflexión y el debate.

- **Fundamento teórico:**

Una jaula de Faraday es una caja metálica que protege de los campos eléctricos. Debe su nombre al físico Michael Faraday, que construyó una en 1839. Se emplea principalmente para proteger de descargas eléctricas debido a que en su interior el campo electromagnético es nulo.

El funcionamiento de la jaula de Faraday se basa en las propiedades de un conductor en equilibrio electrostático. Cuando la jaula se coloca en presencia de un campo eléctrico externo, las cargas positivas se quedan en las posiciones de la red, los electrones en cambio, en un metal por sus características están libres, empiezan a moverse puesto que sobre ellos actúa una fuerza.

$$\vec{F} = e \cdot \vec{E}_{ext}$$

Donde e es la carga del electrón. Al ser esta negativa, los electrones se moverán en sentido opuesto al campo electromagnético externo, provocando que la jaula se polarice tanto positiva como negativamente, en la dirección del campo electromagnético externo y en contra de él respectivamente, de modo que la suma de ambos campos dentro del conductor sea igual a cero.

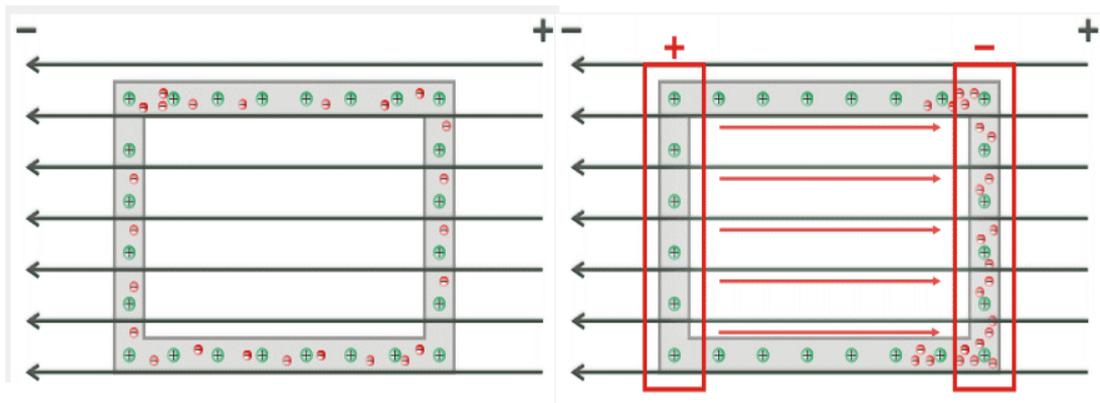


Figura 8: Polarización de un conductor debido a un campo electromagnético externo.

Como en el interior del conductor no hay campo, ninguna carga puede atravesarla, este fenómeno se le llama también “*apantallamiento eléctrico*”.

- **Explicación del fenómeno observado y situaciones de la vida cotidiana.**

Las ondas electromagnéticas son capaces de penetrar muy ligeramente en las superficies conductoras, más cuanto mayor sea su longitud de onda.

Para el caso de la radio, la longitud de onda es inferior como para atravesar la malla de aluminio que recubre el bote, no llegando señal al interior polarizándose la superficie. Cuando introducimos el cable de aluminio a través del bote, las ondas pueden acceder al interior del bote puesto que se propagan por el cable (porque es conductor) y la radio recuperaría la señal; Este tipo de solución se puede observar en túneles donde se instalan cables y repetidores que atraviesan los túneles permitiendo que los usuarios no pierdan la señal de radio y de móvil en su interior.

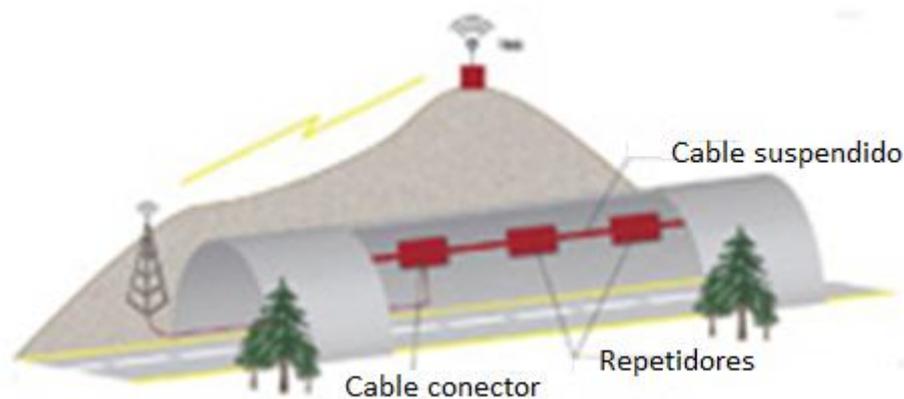


Figura 9: Solución a la pérdida de señal dentro de un túnel.

Pero si dicho cable tocaría la envoltura del bote, el cable se polarizaría de igual forma que la envoltura (en el exterior) impidiendo que las ondas electromagnéticas se propaguen hacia el interior del bote.

En el caso del móvil solo pierde la señal si se le recubre totalmente con papel de aluminio debido a que su receptor es más sensible que el de la radio, de modo que para aislarlo se necesita una malla más tupida y sin perforaciones.

Este efecto de jaula de Faraday se pone de manifiesto en numerosas situaciones cotidianas, la pérdida temporal de la cobertura de los móviles en ascensores, en edificios con estructura de rejilla de acero o cuando atravesamos los túneles con los vehículos. También tiene una aplicación muy importante en aviones o en la protección de repetidores de radio situados en las cumbres de las montañas puesto que están expuestos a los rayos; de modo que el sitio más seguro durante una tormenta es el interior de nuestro coche con las ventanillas subidas porque si le cae un rayo, éste funcionará como una jaula de Faraday.



Figura 10: Avión y coche actuando como Jaula de Faraday.

- **Cuestionario.**

- ¿Por qué la señal de radio se pierde?
- Si recubriéramos el bote con papel de periódico ¿obtendríamos el mismo resultado? ¿Influye las características del material que empleamos como envoltura?
- En el caso del móvil, ¿Por qué no pierde la cobertura?
- Al introducir el cable de aluminio a través de los extremos la radio recupera la señal. Explica razonadamente lo que ocurre y haz un dibujo orientativo.
- ¿Por qué al tocar el cable de aluminio con la envoltura se vuelve a perder la señal?
- Al recubrir el móvil con papel de aluminio pierde la cobertura, cuál es la diferencia que existe entre introducirla dentro del bote o la de envolverle completamente con papel de aluminio.

- **Temporalización.**

Se aconseja realizar esta experiencia una vez impartido el tema de interacción electromagnética, ya que es necesario tener unas nociones previas para poder comprender los fenómenos involucrados y la terminología empleada en su explicación, para así reforzar los contenidos ya impartidos.

4.5 Inducción electromagnética. Interacción electromagnética.

- **Material empleado:**

- Amperímetro
- Bobina de 2000 espiras
- 2 cables de conexión
- Imán

- **Tiempo de montaje:**

- 4 minutos. En el caso de se utilice esta experiencia a modo de introducción, se daría una breve explicación de las características y funcionamiento de los elementos que la componen llegando hasta los 15 minutos.

- **Fenómeno observado:**

- Se observa que se produce una corriente eléctrica por el paso de un imán a través de una bobina.

- **Procedimiento experimental:**

Se conectan la bobina y el amperímetro entre sí a través de los cables. Primero introducimos el polo sur del imán en el interior de la bobina y lo dejamos en reposo, a continuación lo retiramos a una velocidad lenta. Repetimos la experiencia a distintas velocidades.

Segundo, se introduce el polo norte del imán y como antes graduamos la velocidad de entrada/salida del imán dejando en reposo el imán dentro de la espira unos segundos.

Tercero, dejando sujeto el imán se mueve la espira graduando la velocidad de entrada y salida.

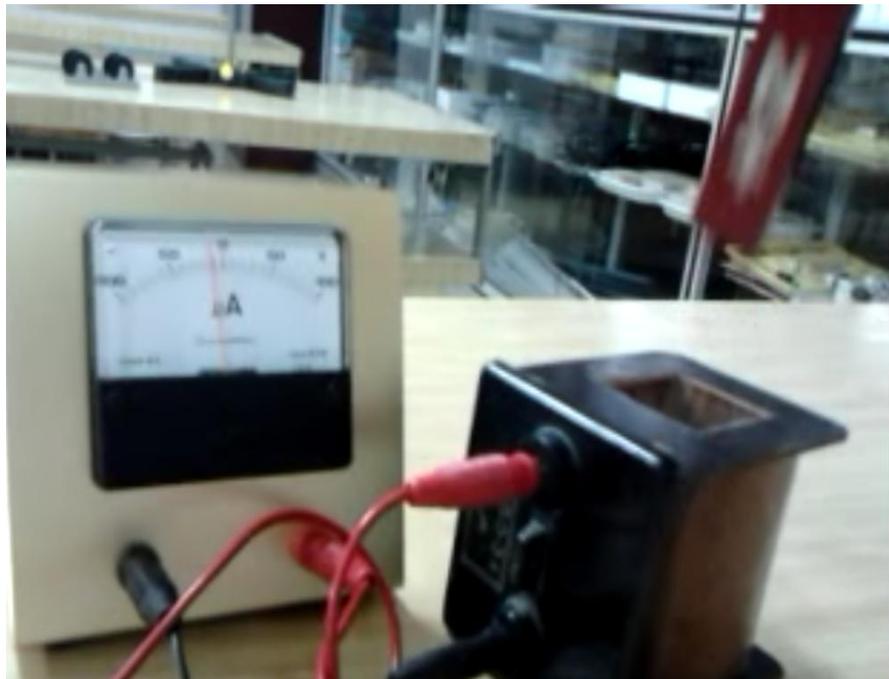


Figura 11: Inducción electromagnética. Registro en el amperímetro.

- **Fundamento teórico:**

Imanes:

Un imán es un material capaz de producir un campo magnético exterior y atraer a diversos metales como el hierro. Los imanes que manifiestan sus propiedades de forma permanente pueden ser de origen natural como la magnetita o artificiales obtenidos mediante la aleación de diferentes metales. La capacidad de atracción de un imán es mayor en sus extremos o polos.

La región del espacio en donde se pone de manifiesto la acción de un imán se llama campo magnético. Dicho campo se representa mediante líneas de fuerzas que son imaginarias y cerradas, estas van del polo norte al polo sur. Los campos magnéticos

influyen sobre los materiales magnéticos y sobre las partículas cargadas en movimiento.

Faraday:

Michael Faraday (1791-1867) un físico inglés, comprobó que al acercar un imán a una espira en ésta se origina una corriente eléctrica. Observo que la corriente inducida solo aparecía cuando el imán estaba en movimiento con respecto a la espira y que la intensidad de dicha corriente inducida depende de los rápido que se mueva el imán.

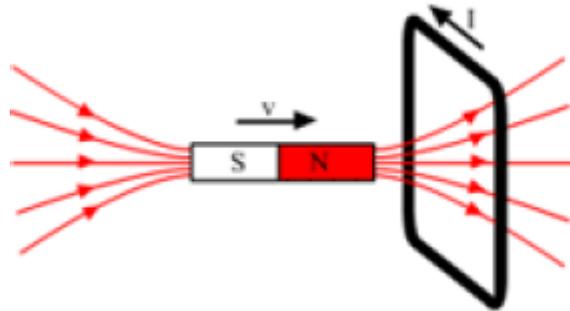


Figura 12: Experimento de Faraday. Corriente inducida.

Henry:

Simultáneamente a Faraday, Henry realizó una serie de experimentos que ayudaron a comprender mejor el fenómeno de la corriente inducida a partir de un campo magnético. El experimento de Henry consistió en deslizar un conductor móvil sobre otro doblado en forma de U, situado en el seno de un campo magnético constante y perpendicular a la dirección del movimiento. Como consecuencia del movimiento y de la presencia del campo magnético, aparece una fuerza de Lorentz sobre las cargas libres del conductor (electrones). Por tanto, las cargas negativas se desplazan hacia el extremo derecho del conductor móvil, mientras que en el izquierdo se acumularán las positivas creándose una diferencia de potencial entre ambos extremos que hará que comience a circular una corriente por el circuito.

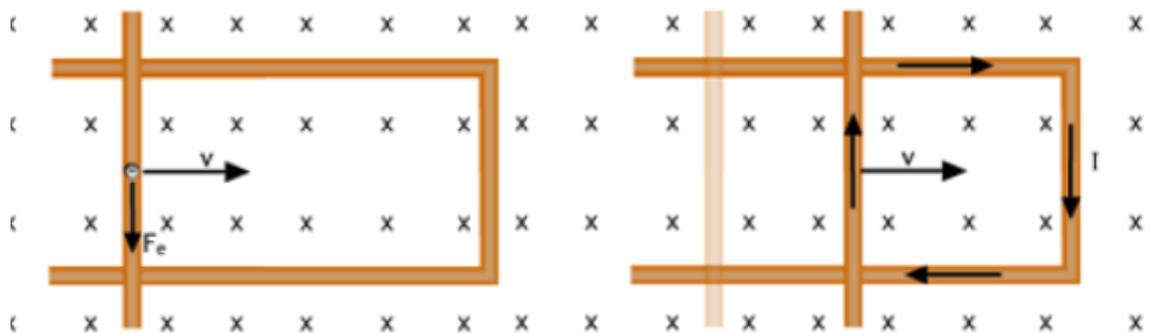


Figura 13: Experimento de Henry, campo magnético constante.

En esta experiencia Henry mantiene un campo magnético uniforme y lo que varía es el tamaño de la espira que forma el circuito.

Comparando ambos experimentos podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- Lo que varía en ambas experiencias es la cantidad de líneas de campo que atraviesan el circuito en el que se induce la corriente.
- La intensidad del campo magnético se hace igual al número de líneas de campo que atraviesan la unidad de superficie colocada perpendicularmente a ellas.
- Si queremos saber el número de líneas que atraviesan la superficie S, perpendicular a las líneas del campo, bastara con multiplicar la intensidad B por la superficie. Esta nueva magnitud recibe el nombre de flujo de campo magnético $\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{S}$
- En el caso de que la superficie no esté colocada perpendicularmente a las líneas del campo, hay que tener en cuenta el ángulo que forman el vector campo magnético y el vector normal a la superficie $\phi_B = \int \vec{B} \cdot \cos\alpha \cdot d\vec{S}$
- Se induce una corriente eléctrica en un circuito si este es atravesado por un flujo magnético variable.

Lenz:

En 1833 Heinrich Lenz estableció la ley que lleva su nombre, que permite establecer el sentido de la corriente inducida. “El sentido de la corriente inducida es tal que se opone a la causa que la origina”.

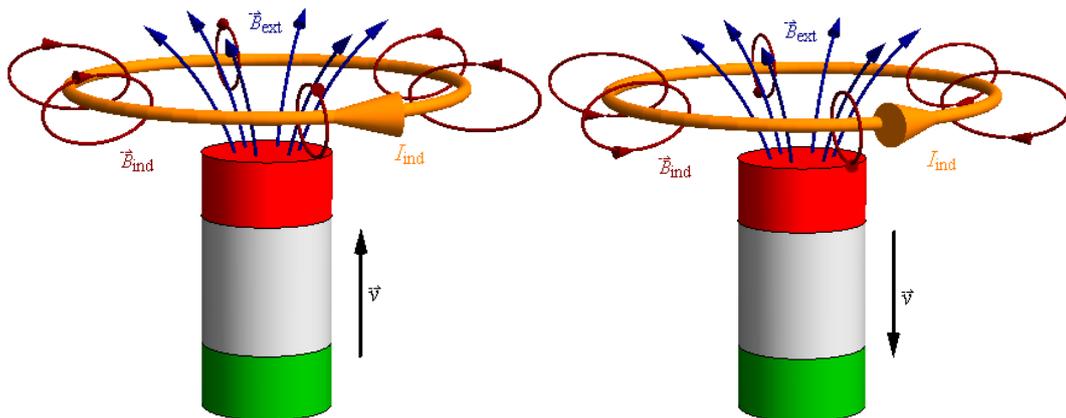


Figura 14: Sentido de la corriente inducida. Ley de Lenz.

Teniendo en cuenta todo lo anterior se establece la ley de Faraday-Henry, donde la fuerza electromotriz inducida es igual, y de signo contrario, a la rapidez con que varía el flujo magnético $\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$; si la variación del tiempo no es uniforme $\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt}$

- **Explicación del fenómeno y situaciones de la vida cotidiana:**

Se observa que se induce una corriente eléctrica en una espira o un circuito si este es atravesado por un flujo magnético variable y que el sentido de la corriente inducida se opone a la causa que la origina, es decir, la aguja del amperímetro apunta a sentidos opuesto cuando el imán entra/sale de la espira y si introducimos el polo norte o el polo sur.

Indudablemente, la primera aplicación práctica del electromagnetismo es en la generación de corriente eléctrica en corriente alterna, es decir, la que usamos cotidianamente en nuestros hogares, lugares de trabajo. También cierto tipo de motores eléctricos son una consecuencia de la aplicación de la inducción electromagnética y estos están presentes en frigoríficos, aparatos de aire acondicionado, ascensores...etc.

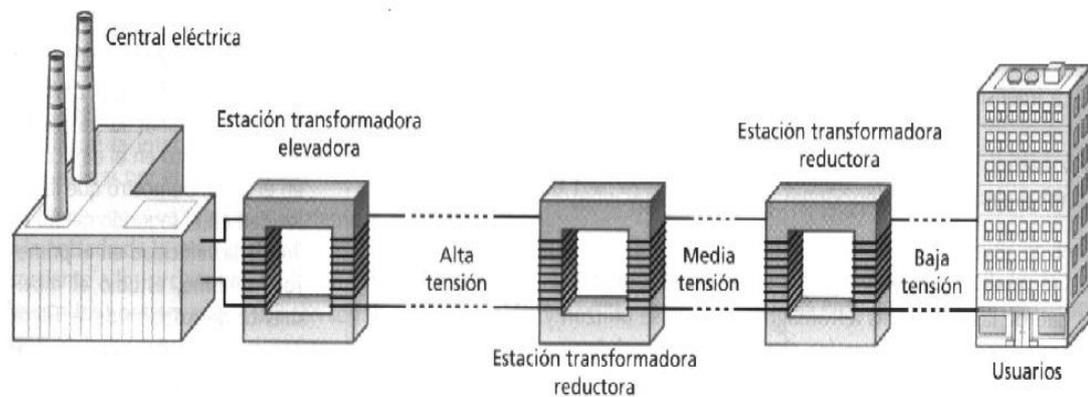


Figura 15: Transporte de energía eléctrica.

Gracias a la existencia de los campos magnéticos producidos por la corriente eléctrica, contamos con protecciones en nuestros hogares y oficinas como los interruptores diferenciales, que sirven para proteger a las personas antes los contactos accidentales con la energía eléctrica, o los magnetotérmicos que protegen las instalaciones de los cortocircuitos y sus consecuencias.

- **Cuestionario:**

- Y si lo que se mueve es la bobina dejando el imán fijo ¿Se induce también corriente?
- ¿El sentido de la corriente es siempre el mismo o depende si el imán se acerca o aleja de la bobina?
- ¿El sentido de la corriente depende/no depende del polo del imán que se acerca?
- Cuánto más rápido se mueve el imán dentro de la bobina mayor/menor es el valor de la corriente inducida

- ¿El sentido de la corriente es siempre el mismo o depende de si el imán se acerca/aleja de la bobina?
- **Temporalización:**
Esta experiencia puede servir al docente tanto para presentar el nuevo temario a modo de introducción, de modo que la experiencia sea intuitiva y promueva la indagación del alumnado, como final del tema a modo de refuerzo para consolidar los contenidos impartidos.

4.6 Inducción misteriosa del Aluminio. Interacción electromagnética

- **Material empleado:**
 - Un plato con agua.
 - Un vaso recubierto de aluminio.
 - Un imán.
 - Hilo.
- **Tiempo de montaje:**
 - 8 minutos.
- **Fenómeno observado:**
Se observa que un imán ejerce una acción sobre el aluminio, que es un material que no es atraído por los imanes.
- **Procedimiento experimental:**
Inicialmente se muestra a los alumnos que el aluminio no es atraído por los imanes mediante la aproximación del imán al vaso de aluminio y a otros objetos metálicos. Se coloca el vaso de aluminio flotando en un plato con agua, esto nos sirve para reducir el rozamiento y que el vaso se pueda mover más o menos libremente. Se ata el imán a un hilo y lo colgamos en el interior del vaso sin que llegue a tocarlo. Se empieza a girar el imán, gracias a la cuerda que le sujeta, en el interior del recipiente y se observa que el vaso interactúa con él. Se cambia el sentido de giro del imán observándose que el sentido de giro del vaso cambia también.
Una vez finalizada la experiencia se pide al alumnado que den una explicación de lo que ocurre, iniciándose el periodo de reflexión y el debate.
- **Fundamento teórico:**
El fundamento **Fundamento teórico** correspondiente a esta experiencia viene detallado en la experiencia 4.4 Inducción electromagnética.
- **Explicación del fenómeno y aplicaciones en la vida cotidiana.**

Un imán colocado cerca del vaso de aluminio genera un campo magnético constante en el tiempo que no produce ninguna fuerza de atracción sobre el aluminio pero se puede producir una interacción con un campo magnético variable. Las leyes de inducción electromagnética nos permiten explicar nuestro experimento.

Al girar el imán, este genera un campo magnético variable que produce una variación del flujo magnético que atraviesa la superficie del vaso de aluminio (un conductor metálico). Dicha variación del flujo magnético produce una fuerza en el conductor y se genera una corriente eléctrica inducida (Ley de Faraday). La corriente inducida (una corriente de electrones) en el conductor genera un campo magnético inducido que se opone a la variación del flujo magnético (Ley de Lenz).

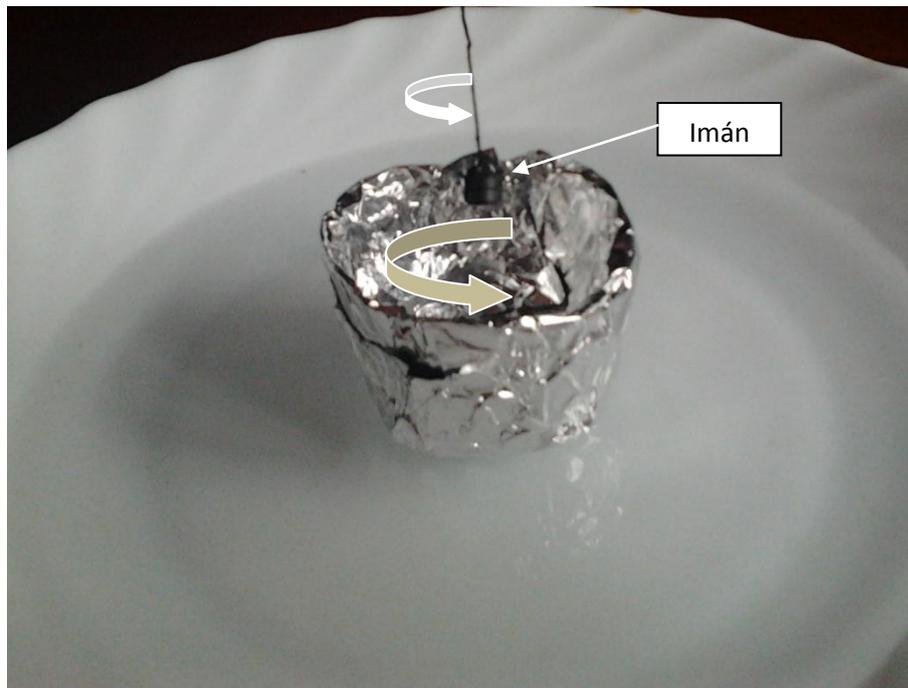


Figura 16: Sentido de giro del imán y del vasito de aluminio.

De modo que el vaso tiende a girar para oponerse a la variación de flujo magnético externo provocado por el imán. Esto lo podemos encontrar en la vida real en los modernos sistemas antirrobo de los centros comerciales que están basados en los campos electromagnéticos que se establecen entre los dos arcos del sistema; Los productos en las etiquetas o en las pinzas contienen una bobina que al atravesar el campo creado por los arcos, esto genera una pequeña corriente que produce una perturbación en el campo, provocando el disparo de la alarma de seguridad.

- **Cuestionario.**

- Según lo presenciado, ¿El papel de Aluminio tiene propiedades magnéticas?
- ¿Por qué se mueve el vaso? ¿Para qué nos sirve el agua en el plato? ¿Influye de alguna manera?

- ¿Qué trayectorias crees que seguiría la corriente inducida? Haz un esquema aproximado.
- ¿Qué se podría modificar para aumentar la velocidad de giro del vaso?
- **Temporalización.**
Esta experiencia puede servir al docente tanto para presentar el nuevo temario a modo de introducción, de modo que la experiencia sea intuitiva y promueva la indagación del alumnado, como final del tema a modo de refuerzo para consolidar los contenidos impartidos.

4.7 Duna Láctea. Estimación de la velocidad de la luz. Interacción electromagnética

- **Material empleado:**
 - Horno microondas.
 - Queso o chocolate.
 - Cinta métrica o regla.
 - Un plato.
- **Tiempo de montaje:**
 - 2 minutos.
- **Fenómeno observado:**
 - Al introducir un pedazo de queso o de chocolate en un horno microondas y encenderlo sin que el plato giratorio rote, se observa que se forma en la superficie un patrón de zonas de calentamiento máximo, parecido a un cartón de huevos.
- **Procedimiento experimental:**
Se introduce una porción de queso o chocolate dentro de un microondas y se enciende. Se espera un par de minutos, se retira el plato con el queso o chocolate y se observa el patrón formado, medimos con una regla la distancia entre puntos calientes.
- **Fundamento teórico:**
Las cargas eléctricas al ser aceleradas originan ondas electromagnéticas (O.E.M). El campo eléctrico originado por la carga acelerada depende de la distancia a la carga, la aceleración de la carga y del seno del ángulo que forma la dirección de aceleración de la carga y a la dirección al punto en que medimos el campo. En la teoría ondulatoria, desarrollada por Huygens, una onda electromagnética, consiste en un campo eléctrico que varía en el tiempo generando a su vez un campo

magnético y viceversa, ya que los campos eléctricos variables generan campos magnéticos (ley de Ampère) y los campos magnéticos variables generan campos eléctricos (ley de Faraday). De esta forma, la onda se auto propaga indefinidamente a través del espacio sin necesidad de medio (a diferencia de las ondas mecánicas), con campos magnéticos y eléctricos generándose continuamente. Estas O.E.M. son sinusoidales (Curva que representa gráficamente la función trigonométrica seno), con los campos eléctrico y magnético perpendiculares entre sí y respecto a la dirección de propagación. Y sus aspectos teóricos están relacionados con la solución en forma de onda que admiten las ecuaciones de Maxwell.

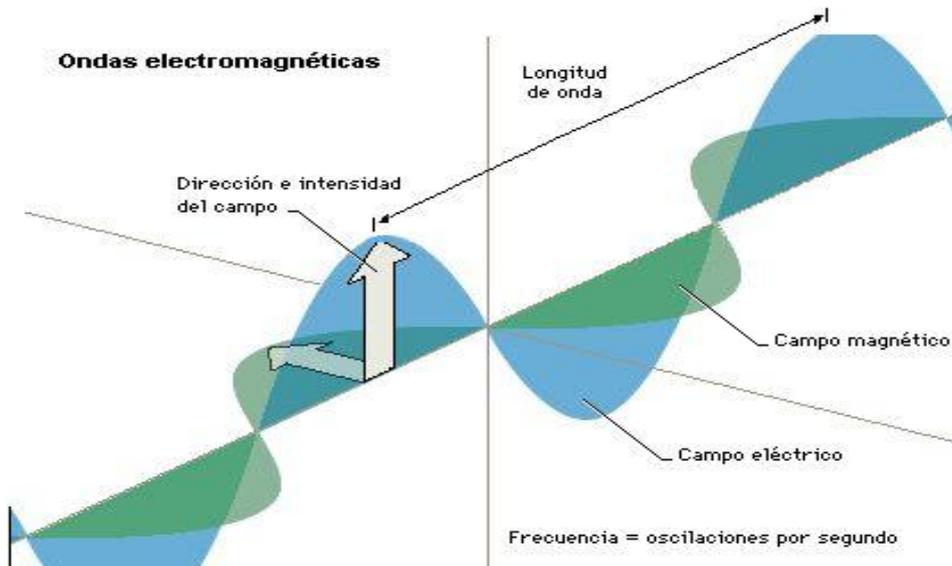


Figura 17: Propagación de una onda electromagnética.

Independientemente de su frecuencia y longitud de onda, todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a la velocidad de la luz ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s.), hasta que su energía se agota. A medida que la frecuencia se incrementa, la energía de la onda también aumenta. Todas las radiaciones del espectro electromagnético presentan las propiedades típicas del movimiento ondulatorio, como la difracción y la interferencia. La longitud de onda (λ) y la frecuencia (f) de las ondas electromagnéticas, relacionadas mediante la expresión $c = \lambda \cdot f$, son importantes para determinar su energía, su visibilidad, su poder de penetración y otras características.

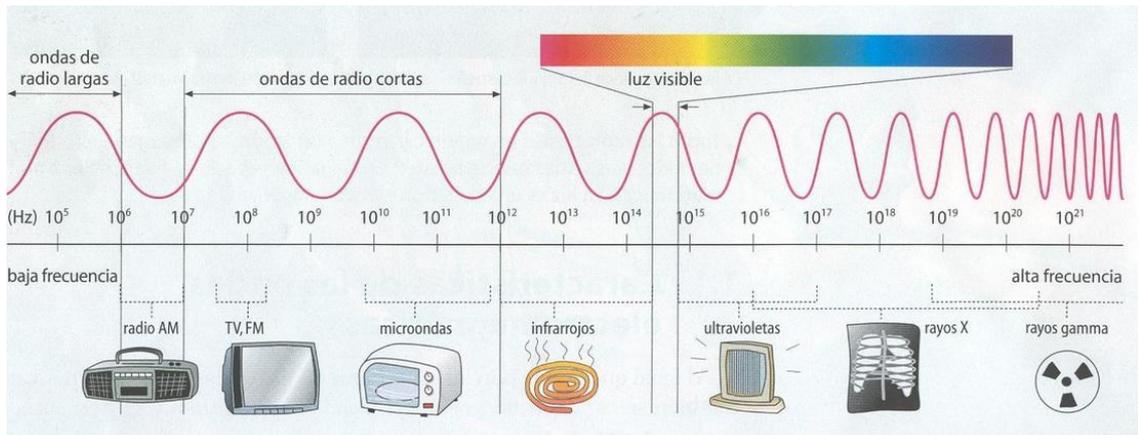


Figura 18: Espectro de longitudes de onda electromagnética.

- **Explicación del fenómeno observado y situaciones de la vida cotidiana.**

Un microondas es un electrodoméstico usado en la cocina de todos los hogares para calentar alimentos. Funciona mediante la generación de ondas electromagnéticas en la frecuencia de microondas mediante un dispositivo eléctrico llamado magnetrón que las transporta hacia un ventilador donde son dispersadas por todo el compartimento. El agua, grasas y otras sustancias presentes en los alimentos absorben la energía de las microondas a través del calentamiento dieléctrico. La molécula de agua es un dipolo eléctrico, es decir, que poseen una carga positiva parcial en un extremo y una carga negativa en el otro y por tanto giran en su intento de alinearse con el campo eléctrico alterno de las ondas electromagnéticas en la frecuencia del microondas. Al rotar, para poder alinearse, las moléculas chocan con otras moléculas vecinas y las ponen en movimiento, dispersando así la energía. Esta energía disipada como vibración molecular lo hace en forma de calor.

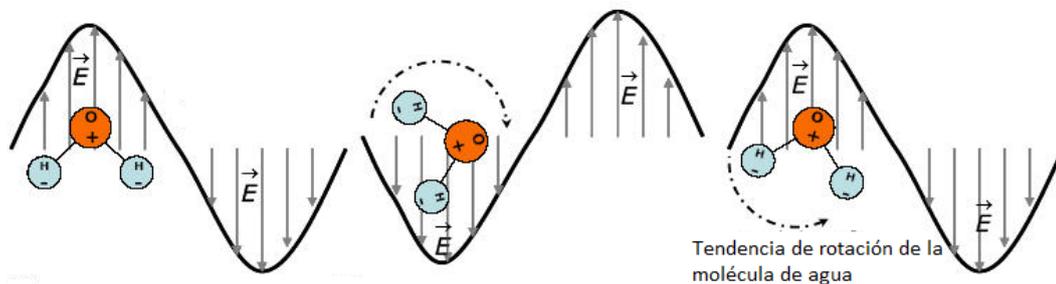


Figura 19: Alineación de la molécula de agua debido al campo eléctrico de la microonda.

Al introducir el queso/chocolate en el microondas, se observa que se forma un patrón parecido a un cartón de huevos. Esto es debido a que el frente de onda central y lateral del microondas se superpone formando puntos calientes cuando el plato no gira, estos puntos calientes o “dunas lácteas” son zonas donde se ha producido un mayor calentamiento. Al medir la longitud entre dos dunas, o zonas de máximo calentamiento, y la frecuencia proporcionada por el fabricante se puede estimar la velocidad de la luz en la frecuencia de microonda.

La longitud de onda está relacionada con la distancia entre dunas de la siguiente forma:

$2L = \lambda$ siendo L la longitud entre dos “dunas” contiguas (m)

λ es la longitud de onda electromagnética (m)

Como sabemos la frecuencia proporcionada por el fabricante y la longitud de onda, podemos estimar la velocidad de la luz $c = \lambda \cdot f$



Figura 20: Formación de los puntos calientes o dunas.

Otras de las aplicaciones de las ondas electromagnéticas en nuestra vida diaria son los infrarrojos que son los encargados de encender y apagar nuestro televisor a través del mando a distancia. Y los rayos X se utilizan para diagnosticar cierto tipo de enfermedades como el cáncer, exponiendo los tumores a la radiación

- **Cuestionario.**

- ¿Cómo funciona un microondas?
- ¿Qué diferencia en la superficie aprecias en el trozo de queso antes y después de introducirlo en el microondas?

- ¿Por qué no dejamos que el plato gire dentro del microondas? ¿Qué son esos montículos que se forman?
- ¿Por qué se dice que la luz tiene energía? ¿Por qué el microondas está aislado del exterior?
- La energía proporcionada por el microondas ¿El alimento se calienta del interior a la superficie, o de la superficie al interior? Justifica tu respuesta
- **Temporalización.**
Se aconseja realizar esta experiencia una vez impartido el tema de interacción electromagnética, ya que es necesario haber impartido las características y propiedades de las ondas electromagnéticas para la comprensión del fenómeno involucrado.

4.8 Botella invisible, experimento de la glicerina. Óptica.

- **Material empleado:**
 - Frasco de cristal con glicerina.
 - Bote pequeño con glicerina.
 - Glicerina.
- **Tiempo de montaje:**
 - 2 minutos.
- **Fenómeno observado:**
 - Se observa un efecto de invisibilidad debido a la existencia de índices de refracción parecidos.
- **Procedimiento experimental:**
Situarse a los alumnos en semicírculo enfrente de la mesa donde se va a realizar la experiencia. No decir de qué líquido se trata al principio y proponer a los alumnos que predigan el resultado de introducir el bote en el frasco. Se introduce el bote en el frasco con glicerina lo más alejada posible de la pared que está enfrente a los estudiantes y se observa que el bote da sensación que desaparece. Al sacarlo vuelve a verse.



Figura 21: Bote relleno de glicerina antes y después de ser sumergido.

Después de realizar la experiencia, se pregunta a los alumnos que ocurre iniciándose el período de reflexión y el debate.

- **Fundamento teórico:**

- Índice de refracción:

- Es un parámetro que nos ayuda a describir la diferencia de velocidad de propagación de la luz en un medio con respecto a la del vacío.

$$n = \frac{c}{v}$$

- Donde c es la velocidad de la luz en el vacío ($3 \cdot 10^8 m/s$) y v la velocidad de propagación en el medio. El índice de refracción nos indica cuanto más lento viaja la luz en el medio en cuestión, con respecto en el vacío.

- Refracción:

- Cuando la luz se aproxima a un medio con diferente índice de refracción, una parte de la luz se refleja y otra parte pasa al siguiente medio (se refracta), se observa que los rayos de luz cambian de trayectoria, produciéndose un desfase entre los ángulos de incidencia y el de refracción.

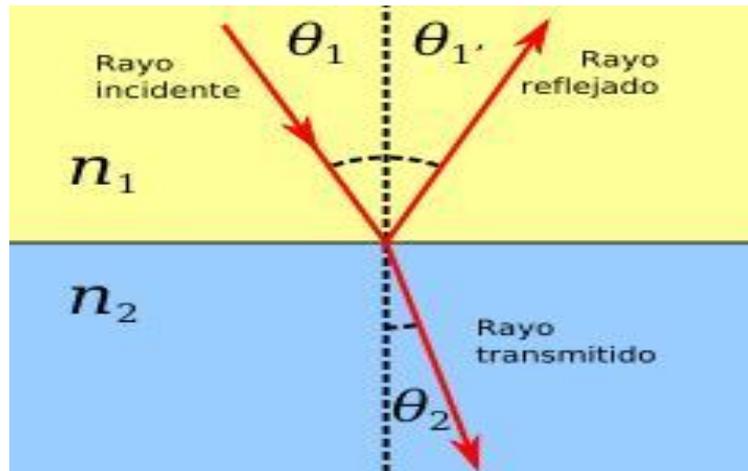


Figura 22: Trayectorias de los rayos de luz.

La ley de Snell es la que establece la relación que existe entre los ángulos de la luz y los índices de refracción de los medios.

$$n_1 \cdot \theta_1 = n_2 \cdot \theta_2$$

Donde n_1 y n_2 son los índices de refracción de los medios, θ_1 es el ángulo de incidencia y θ_2 es en ángulo de refracción. Estos ángulos se miden con respecto a la recta perpendicular a la superficie de separación de los medios.

- **Explicación del fenómeno y situaciones de la vida cotidiana:**

Cuando la luz pasa por medios diferentes, suele haber una diferencia entre los índices de refracción que provoca cambios en la trayectoria de la luz (diferencia entre los ángulos de incidencia y de refracción), estos cambios en la trayectoria son perceptibles al ojo humano, siendo capaces de diferenciar objetos en otros medios. En nuestra experiencia, al emplear glicerina y vidrio con índices de refracción 1.48 y 1.5 respectivamente, cuando la luz se propaga por el sistema vidrio-glicerina-vidrio, al poseer ambos medios índices de refracción parecidos, no se apreciara un cambio significativo en la trayectoria de la luz provocando esa sensación de invisibilidad al sumergir el bote.

Por esta misma razón es tan peligroso que se rompa un vaso de cristal en una piscina, como el índice de refracción del agua es de 1.33 y el del vidrio de 1.5, apenas se distinguen los fragmentos depositados en el fondo.

Algo parecido experimentamos cuando abrimos los ojos debajo del agua, los índices de refracción del agua y del humor acuoso son casi idénticos de modo que no se produce apenas refracción volviéndonos muy hipermétropes, para solucionar esto se emplea gafas de buceo, donde el aire de dentro de las gafas si producirá la refracción necesaria para poder formar las imágenes en nuestra retina.

Una de las aplicaciones que tiene la propiedad refractiva de un material en la industria química es la de determinar la pureza de los reactivos químicos.

- **Cuestionario:**

- ¿La velocidad de propagación en un medio es mayor o menor a la del vacío?
- Una vez explicada la experiencia, dibuja la trayectoria que sigue un rayo de luz en el sistema vidrio-glicerina-vidrio.
- Aplicando la ley de Snell, calcular el ángulo de refracción de un medio B con índice $n_B=1.52$ si el rayo de luz proviene de un medio A de índice $n_A=1.33$ e incide con un ángulo $\theta=65^\circ$ con respecto a la normal a la superficie. ¿Qué valor tiene en ángulo de reflexión?
- Con respecto a la pregunta anterior, ¿De qué medio debe proceder el rayo para que se produzca reflexión total? Calcula el valor del ángulo límite.
- En el caso de reflexión total ¿Cuánto vale el ángulo de refracción?

- **Temporalización:**

Se aconseja realizar esta experiencia una vez impartido el tema de óptica a modo de refuerzo, ya que es necesario tener unas nociones previas para poder comprender los fenómenos involucrados y la terminología empleada en su explicación.

5 CONCLUSIONES.

El tema seleccionado para este trabajo fin de máster ha sido la de la elaboración de una programación anual de experiencias de cátedra para la asignatura de Física de 2º Bachillerato. En el TFM queda recogida la aplicación práctica de los conocimientos didácticos y pedagógicos, obtenidos en los módulos genérico y específico, que hacen posible la impartición adecuada del tema elegido.

Opino que para una mejor comprensión e interiorización de ciertos conceptos abstractos en materias de carácter científico, es necesaria la observación y realización de experiencias sobre ellos, consiguiéndose un aprendizaje significativo. Además, al emplear materiales de bajo coste y fáciles de conseguir se consigue, por una parte, que el alumnado incremente su curiosidad e interés por la asignatura fuera del recinto escolar y por otra, que cualquier centro pueda permitírselo, porque las experiencias propuestas se pueden realizar en el aula sin la necesidad de disponer de un laboratorio.

La duración de las experiencias de cátedra incluidas en este TFM, son relativamente cortas como para que los docentes de la asignatura de Física de 2º bachillerato puedan llevarlas a cabo sin temor a quedarse escasos de tiempo para preparar a los alumnos para la P.A.U. (Prueba de Acceso a la Universidad), ya que he comprobado que la escasez de tiempo es el problema principal que tienen los docentes de esta asignatura a la hora de planificar una serie de experiencias de cátedra o prácticas de laboratorio.

He podido comprobar que la planificación previa por parte del docente es de vital importancia para que el desarrollo de la actividad tenga éxito y que las experiencias no pueden llegar a sustituir a la enseñanza tradicional, sino que deben de ser un complemento pedagógico que el profesor pueda emplear en distintas fases del curso.

Considero oportuno recalcar la pérdida de alumnado en las materias de ciencias en los últimos tiempos y en nuestro deber como docentes en revertir tal situación, utilizando los métodos y avances tecnológicos que estén a nuestro alcance para motivarles y hacerles entender la importancia que tienen las ciencias en la sociedad actual.

6 BIBLIOGRAFÍA.

Normativa:

- REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de Noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- DECRETO 42/2008, de 5 de Junio (B.O.C.yL nº111), por el que se establece el currículo de bachillerato en la comunidad de Castilla y León.

Libros de texto:

- Paul A.Tipler *Física preuniversitaria. Volumen 2*. Editorial: REVERTÉ. S.A.
- Física 2º Bachillerato. Editorial: ANAYA.
- Jacques Delors *La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI*. Editorial: UNESCO.
- Fernando Trujillo Sáez *Experiencias educativas en Aprendizaje Cooperativo*. Editorial: Grupo Editorial Universitario.
- Ángel Peña. José Antonio García *Física 2º. Bachillerato*. Editorial: Mc Graw Hill. ISBN: 84-481-2194-5.

Páginas web:

- <http://cienciaslacoma.blogspot.com.es/2011/04/botella-invisible-ilusion-optica.html>
- http://selectividad.intergranada.com/Fisica/2_bach/cuestiones%20selectividad.pdf
- http://www.fisicanet.com.ar/fisica/electrodinamica/ap15_induccion_electromagnetica.php
- http://www.4upress.com/index.php/ciencia-y-tecnologia/ciencia/item/432-electromagnetismo-y-3-aplicaciones-en-la-vida-real#.U4sjH_I_tag
- <http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/electro/jaula.html>
- <http://www.clasesdeapoyo.com/>
- <http://telsystemti.wordpress.com/>

7 ANEXOS.

7.1 Costes del material empleado.

Influencia de la distribución de la masa en rotación en plano inclinado	
Material	Coste
Plastilina	4,60 €
Cilindros de cartón 3	1,20 €
Bloque soporte MF	7,72 €
Carril para plano inclinado	10,15 €
Enchufes de acoplamiento 5	10,51 €
Pie soporte multifuncional	30,01 €
Varillas 10 mm ϕ x 25mm	3,55 €
Total	67,17 €
Observación del sonido	
Material	Coste
Gomas elásticas	2,09 €
Goma de borrar	0,35 €
Bol de cristal	5,98 €
Silbato	2,42 €
Film transparente	0,95 €
Total	11,79 €
Efecto Doppler con un reloj	
Reloj digital con alarma	5,00 €
Cuerda	5,67 €
Total	10,67 €
Jaula de Faraday	
Bote de plástico	2,10 €
Papel de aluminio	1,50 €
Radio	5,44 €
Tijeras	3,36 €
Teléfono móvil	-
Total	12,40 €

Inducción misteriosa del Aluminio	
Plato de cerámica	1,99 €
Vaso de plástico	0,44 €
Imán	0,65 €
Papel de aluminio	1,50 €
Hilo	0,90 €
Total	5,48 €
Duna Láctea	
Microondas	43,00 €
Queso o chocolate	2,30- 0,65 €
Cinta métrica	0,99 €
Plato	1,99 €
Total	48,28-46,63 €
Inducción electromagnética	
Amperímetro	5,95 €
Bobina 2000 espiras	41,74 €
Cables de conexión	0,40 €
Imán en forma de barra	5,83 €
Total	53,92 €
Botella invisible, experimento de la glicerina	
Frasco de cristal	0,75 €
Bote pequeño de cristal	0,60 €
Glicerina	2,59 €
Total	3,94 €
TOTAL	202,98 €

7.2 Enlaces a los videos de las experiencias realizadas.

Inducción electromagnética:

https://www.youtube.com/watch?v=4_pHTxnRu6w&feature=youtu.be 12:51 -12/06/2014

Jaula de Faraday:

https://www.youtube.com/watch?v=KKKue-IQ_Yw&feature=youtu.be 12:58 – 12/06/2014

Experimento de la glicerina:

<https://www.youtube.com/watch?v=jfhFO0liPyl&feature=youtu.be> 13:04 – 12/06/2014

Observación del sonido:

<https://www.youtube.com/watch?v=9dkrWFFSRZw> 13:06 -12/06/2014

Influencia de la distribución de la masa en rotación en plano inclinado:

<https://www.youtube.com/watch?v=G3GCzapnx7l&feature=youtu.be> 11:48 -18/06/2014