



Universidad de Valladolid

Facultad de Ciencias

Trabajo Fin de Máster

Máster de profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato Formación

Profesional y Enseñanza de Idiomas

(Especialidad: Física y Química)

Curso 2017-2018

**“Preparación de una práctica de laboratorio
de Física para enseñanza secundaria o
Bachillerato”**

Autor:

Elías Muñoz Olmo

Tutores:

José María Muñoz

Carlos Torres

Marco Antonio Gigosos

Índice de contenido

1. Índice de tablas.....	3
2. Índice de imágenes.....	4
3. Índice de gráficas.....	5
4. Resumen.....	6
5. Abstract.....	6
6. Introducción.....	7
6.1 Motivación.....	7
6.2 Objeto del trabajo de fin de máster.....	8
6.3 Contextualización de la temática del TFM.....	9
7. Aspectos docentes y didácticos.....	23
7.1 Planificación de la experiencia.....	25
7.1.1 Organización del alumnado.....	25
7.1.2 Temporalización.....	25
7.1.3 Metodología y estrategias de enseñanza.....	27
7.1.4 Evaluación.....	28
8. La experiencia de laboratorio.....	30
8.1 Fundamento teórico.....	31
8.1.1 Primera ley de Newton o Ley de Inercia:.....	31
8.1.2 Segunda ley de Newton o ley fundamental de la dinámica:.....	31
8.1.3 Tercera Ley de Newton o principio de acción-reacción:.....	31
8.1.4 Leyes de conservación.....	31
8.1.5 Sistema aislado.....	32
8.1.6 El Péndulo simple.....	32
8.1.7 Choque frontal de dos esferas.....	36

8.1.8 Sucesivos choques frontales de dos esferas iguales, colgadas de hilos de masa despreciable.....	39
8.1.9 Estudio de la energía	41
8.1.10 La Cuna de Newton	43
8.2 Material:.....	48
8.3 Construcción	50
9. Guión para los alumnos	54
9.1 Introducción.....	55
9.1 Fundamento teórico	55
9.3 Procedimiento.....	55
9.4 Sesiones	58
9.5 Evaluación	60
9.6 Bibliografía/Webgrafía.....	61
10. Datos, resultados y conclusiones	62
10.1 Ángulo de 20º	62
10.2 Ángulo de 30º	66
10.3 Ángulo de 40º	69
10.4 Cinta aislante.....	72
10.5 Conclusiones	74
11. Conclusiones del Trabajo de Fin de Máster.	75
12. Anexos	76
12.1 Anexo I: Presupuesto	76
13. Referencias	77
14. Agradecimientos.....	79

1. Índice de tablas

Tabla 1: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 6: Cinemática (1º Bachillerato).....	11
Tabla 2: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 7: Dinámica (1º Bachillerato).....	13
Tabla 3: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 8: Energía (1º Bachillerato).....	15
Tabla 4: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 3: El movimiento y las fuerzas (2º ESO).....	17
Tabla 5: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 4: Energía (2º ESO)....	18
Tabla 6: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 3: El movimiento y las fuerzas (3º ESO).....	19
Tabla 7: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 2: El movimiento y las fuerzas (4º ESO).....	22
Tabla 8: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 3: La energía (4º ESO)	23
Tabla 9: Ángulos máximos alcanzados tras los sucesivos impactos para 20º.....	63
Tabla 10: Tensión máxima para 20º.....	63
Tabla 11: Velocidad máxima alcanzada para 20º.....	64
Tabla 12: Energía tras los sucesivos impactos para 20º.....	65
Tabla 13: Ángulos máximos alcanzados tras los sucesivos impactos para 30º.....	66
Tabla 14 Tensión máxima para 30º.....	66
Tabla 15: Velocidad máxima alcanzada para 30º.....	67
Tabla 16: Energía tras los sucesivos impactos para 30º.....	68
Tabla 17: Ángulos máximos alcanzados tras los sucesivos impactos para 40º.....	69
Tabla 18: Tensión máxima para 40º.....	69
Tabla 19: Velocidad máxima alcanzada para 40º.....	70
Tabla 20: Energía tras los sucesivos impactos para 40º.....	71
Tabla 21: Ángulos máximos alcanzados tras los sucesivos impactos con cinta aislante	72
Tabla 22: Tensión máxima con cinta aislante.....	72
Tabla 23: Velocidad máxima alcanzada con cinta aislante.....	72
Tabla 24: Energía tras los sucesivos impactos con cinta aislante.....	73
Tabla 25: Presupuesto.....	76

2. Índice de imágenes

Imagen 1: Herramienta para medir los ángulos en la cuna de Newton.	30
Imagen 2: Péndulo simple: componentes y características	33
Imagen 3: Choque de esferas	36
Imagen 4: Posición dos	39
Imagen 5: Posición uno	39
Imagen 6: Posición tres	39
Imagen 7: Posición cuatro	39
Imagen 8: Cuna de Newton	43
Imagen 9: Explicación cuna Newton para una bola.	45
Imagen 10: Explicación cuna Newton para dos bolas.	46
Imagen 11: Transportador de ángulos	48
Imagen 12: Cartulina Blanca.....	48
Imagen 13: Cola de contacto.....	48
Imagen 14: Cola Blanca	48
Imagen 15: Rotulador permanente azul/negro	48
Imagen 16: Tijeras	48
Imagen 17: Segueta	49
Imagen 18: Regla	49
Imagen 19: Cuna de Newton.....	49
Imagen 20: Tabla de madera de balsa.....	49
Imagen 21: Paso uno	50
Imagen 22: Paso dos a).....	50
Imagen 23: Paso dos b).....	50
Imagen 24: Paso tres	51
Imagen 25: Paso cinco a).....	51
Imagen 26: Paso cuatro	51
Imagen 27: Paso seis a)	52
Imagen 28: Paso cinco b).....	52
Imagen 29: Paso seis b)	52
Imagen 30: Paso siete b).....	52

Imagen 31: Paso siete a).....	52
Imagen 32: Medidores de ángulos montados.....	53
Imagen 33: Paso ocho.....	53
Imagen 34: Portada guión	54
Imagen 35: Video a 1080 para grabar a alta calidad.....	56
Imagen 36: Captura de pantalla para grabar a cámara lenta a 120 fps.....	57
Imagen 37: Los hilos del péndulo coinciden entre sí y con el ángulo de 90°	57
Imagen 38: Uso del reproductor de vídeo para obtener los ángulos tras los impactos	62

3. Índice de gráficas

Gráfica 1: Velocidad 1 frente el número de impactos para 20°.....	64
Gráfica 2: Energía 1 frente al número de impactos para 20°	65
Gráfica 3: Velocidad 1 frente al número de impactos para 30°.....	67
Gráfica 4: Energía 1 frente al número de impactos para 30°	68
Gráfica 5: Velocidad 1 frente al número de impactos para 40°.....	70
Gráfica 6: Energía 1 frente al número de impactos para 40°	71
Gráfica 7: Velocidad 1 frente al número de impactos con cinta aislante	73
Gráfica 8: Energía 1 frente al número de impactos con cinta aislante	73

4. Resumen

Este trabajo propone la realización de una práctica de laboratorio para primero de bachillerato estudiando la Cuna de Newton¹ que es un juego muy conocido y llamativo de escritorio de muy bajo coste con el cual se pueden explicar y ver una gran cantidad de fenómenos físicos como pueden ser el estudio del péndulo, la conservación del momento, la conservación de la energía entre muchos otros.

Para ello se hará uso de las nuevas tecnologías así como recursos informáticos englobando uso de reproductores de video y programas de contabilidad.

Palabras clave: Laboratorio. Cuna de Newton. Momento y Energía.

5. Abstract

This project suggests the realization of a laboratory practice for first year of Bachillerato, studying Newton's Cradle, a well known and garish desk game, very low cost which we can explain and see a lot of physical phenomenons with, such as the study of the pendulum, the conservation of the momentum, the conservation of the energy, among others.

In order to this, it is precise the use of new technology and computer resources, encompassing the use of video players and accounting programmes.

Key words: Laboratory. Newton's Cradle. Momentum and Energy

¹ También se conoce como péndulo de Newton

6. Introducción

La física y la química es una de las asignaturas más temida en secundaria, en bachillerato e incluso en la universidad. Esto se debe a que se necesita un compendio de conocimiento matemático, gran capacidad de abstracción y un gran seguimiento interrelacionando conceptos desde el primer contacto con la asignatura, para así poder entender e imaginar qué es lo que está pasando y por qué ocurre ese fenómeno. Esto requiere un esfuerzo sobrehumano para los alumnos que pueden estar pensando en miles de cosas menos en la clase de física.

Nuestra tarea como profesor es intentar, dentro de los límites establecidos, educar a los alumnos explorando nuevos caminos para que lleguen y desarrollen las actitudes y aptitudes que se buscan alcanzar a lo largo del desarrollo de los cursos.

6.1 Motivación

Este trabajo se presenta bajo el ala del Máster en profesor de educación secundaria obligatoria y bachillerato, formación profesional y enseñanza de idiomas de la especialidad de Física y Química, impartido por la Universidad de Valladolid.

Para mí la educación siempre ha sido, para bien o para mal, la base de nuestra sociedad. Es un arma muy poderosa puesto que puede hacer desde que seas un “buen ciudadano” que daría su vida por endiosado líder o llegar a crear personas capaces de llegar a la más profunda reflexión filosófica, científica y humanista buscando el favor del planeta Tierra y de los habitantes que viven en él.

La educación sobre un individuo se lleva a cabo desde tres focos principales: En el núcleo familiar, el centro docente y la sociedad.

Para bien o para mal la sociedad tiene una gran influencia en el cómo se ha de vivir causando rechazo a los individuos que no encajen en lo que está establecido como bien y bueno en cada etapa de la historia.

En el núcleo familiar es donde principalmente van a desarrollarse los valores y las creencias de los individuos que normalmente heredan de los progenitores cuyos valores fueron creados y heredados en otro contexto social y por unos progenitores con valores y creencias más diferenciadas. Los valores y creencias que tienen que

evolucionar con el contexto social y el avance tecnológico de la sociedad. No podemos tener los mismos valores que en la Edad Media ni tampoco podemos creer que los fenómenos que suceden a nuestro alrededor están generados por los cuatro elementos básicos clásicos: El fuego, el aire, el agua y la tierra.

Aquí es donde entra en juego la educación y la investigación. Ésta hace que los valores heredados de nuestros familiares se pongan en duda y, que con ayuda del razonamiento y la aceptación de los avances en las diferentes áreas del conocimiento podamos crecer como individuos, en conjunto como sociedad y poder entregar a nuestros herederos los valores de crecimiento científico, personal y social sostenible.

Pienso que el problema actual de la sociedad es que cada vez estamos más acomodados y cada vez “se piensa” menos, todo es fácil de adquirir y conseguir, por tanto, cualquier cosa que requiera un esfuerzo valdrá menos la pena. Para avanzar con responsabilidad y recuperar nuestra libertad de las garras grandes empresas tenemos que volver a recuperar la libertad que nos da el conocimiento y el pensamiento crítico y no vivir a la deriva de los que controlan la economía a nivel global. Y para esto debería servir la verdadera educación, para dar la posibilidad de poder pensar y vivir con libertad.

Creo que la asignatura de física y química en secundaria tiene una tarea esencial en la creación del pensamiento crítico. Porque para comprenderla y poder estudiarla se necesita de la creación de un proceso comprensión, de asimilación y aplicación de los contenidos a través del esfuerzo que esta asignatura requiere. Esta forma de pensar y crecer es, a mi manera de ver lo que es ahora mismo tan necesario en la sociedad.

6.2 Objeto del trabajo de fin de máster

Para obtener el título de este máster es condición necesaria aprobar todas y cada una de las asignaturas que en el susodicho máster se imparten pudiéndose ver atisbos del conocimiento adquirido a lo largo del mismo. Para ello se va a intentar realizar una práctica que englobe tanto el aspecto científico teórico, experimental y aunarlo con la parte educativa.

Gracias a esta práctica pretendemos que el alumno:

- Vea que las leyes que se explican a lo largo de secundaria y bachillerato se aplican y se extraen de la vida cotidiana.
- Comprenda los grandes avances que se han hecho a lo largo de la historia de la ciencia.
- Que entienda que obtener buenos resultados en experimentos y experiencias requiere un conocimiento y una dedicación importante.
- Que aprenda a manejar el lenguaje científico correctamente.
- Que aprenda a usar programas informáticos en el ámbito científico.
- Que aprenda el uso y el potencial de las nuevas tecnologías como un medio y no como un fin en si mismo.
- Aprender a manejar herramientas matemáticas aplicadas al mundo de la ciencia.
- Piense en aplicaciones reales sobre el conocimiento adquirido a lo largo de su aprendizaje científico.
- Desarrolle pensamiento crítico.
- Aprenda a trabajar en grupo.
- Descubra maneras de organización y gestión temporal.
- Que vea los esfuerzos invertidos en el estudio de la física y la química realizados a través de este tipo de experiencias.

6.3 Contextualización de la temática del TFM

En la ORDEN EDU/363/2015, del 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato en la comunidad de Castilla y León, la experiencia planteada en este documento se encontraría entre el bloque 6: Cinemática, bloque 7: Dinámica y bloque 8: Energía, que se pueden encontrar en el primer curso de Bachillerato.

Podemos encontrar en la página 32603 del BOCyL del 4 de mayo de 2015² y perteneciente al Bloque 6: “1. Distinguir entre sistemas de referencia inerciales y no inerciales. “, “2. Representar gráficamente las magnitudes vectoriales que describen el movimiento en un sistema de referencia adecuado. “, “4. Interpretar representaciones

² [1] <http://bocyl.jcyl.es/boletines/2015/05/08/pdf/BOCYL-D-08052015-5.pdf>

gráficas de los movimientos rectilíneo y circular. “, “7. Relacionar en un movimiento circular las magnitudes angulares con las lineales“, “9. Conocer el significado físico de los parámetros que describen el movimiento armónico simple (M.A.S.) y asociarlo al movimiento de un cuerpo que oscile.”

Bloque 6: Cinemática	
Contenidos	<p>El movimiento. Elementos del movimiento. Tipos de movimientos.</p> <p>Los vectores en Cinemática. Vector posición, vector desplazamiento y distancia recorrida.</p> <p>Movimientos rectilíneos. Tipos.</p> <p>Magnitudes: Velocidad media e instantánea.</p> <p>Aceleración media e instantánea.</p> <p>Movimiento circular uniforme. Magnitudes. Ecuaciones.</p> <p>Uso de representaciones gráficas para el estudio del movimiento.</p> <p>Movimientos periódicos.</p> <p>Los movimientos vibratorios armónicos de un muelle elástico y de un péndulo simple.</p>
Criterios de evaluación	<p>1. Distinguir entre sistemas de referencia inerciales y no inerciales.</p> <p>2. Representar gráficamente las magnitudes vectoriales que describen el movimiento en un sistema de referencia adecuado.</p> <p>4. Interpretar representaciones gráficas de los movimientos rectilíneo y circular.</p> <p>7. Relacionar en un movimiento circular las magnitudes angulares con las lineales.</p> <p>9. Conocer el significado físico de los parámetros que describen el movimiento armónico simple (M.A.S.) y asociarlo al movimiento de un cuerpo que oscile.</p>
Estándares de aprendizaje evaluables	<p>1.1. Analiza el movimiento de un cuerpo en situaciones cotidianas razonando si el sistema de referencia elegido es inercial o no inercial.</p> <p>1.2. Justifica la viabilidad de un experimento que distinga si un</p>

	<p>sistema de referencia se encuentra en reposo o se mueve con velocidad constante.</p> <p>2.1. Describe el movimiento de un cuerpo a partir de sus vectores de posición, velocidad y aceleración en un sistema de referencia dado.</p> <p>4.1. Interpreta las gráficas que relacionan las variables implicadas en los movimientos M.R.U., M.R.U.A. y circular uniforme (M.C.U.) aplicando las ecuaciones adecuadas para obtener los valores del espacio recorrido, la velocidad y la aceleración.</p> <p>7.1. Relaciona las magnitudes lineales y angulares para un móvil que describe una trayectoria circular, estableciendo las ecuaciones correspondientes.</p> <p>9.1. Diseña y describe experiencias que pongan de manifiesto el movimiento armónico simple (M.A.S) y determina las magnitudes involucradas.</p> <p>9.2. Interpreta el significado físico de los parámetros que aparecen en la ecuación del movimiento armónico simple.</p> <p>9.3. Predice la posición de un oscilador armónico simple conociendo la amplitud, la frecuencia, el período y la fase inicial.</p> <p>9.4. Obtiene la posición, velocidad y aceleración en un movimiento armónico simple aplicando las ecuaciones que lo describen.</p> <p>9.5. Analiza el comportamiento de la velocidad y de la aceleración de un movimiento armónico simple en función de la elongación.</p> <p>9.6. Representa gráficamente la posición, la velocidad y la aceleración del movimiento armónico simple (M.A.S.) en función del tiempo comprobando su periodicidad.</p>
--	--

Tabla 1: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 6: Cinemática (1º Bachillerato)

Y referente al Bloque 7 “1. Identificar todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y resolver ejercicios de composición de fuerzas”, “3. Reconocer las fuerzas elásticas en situaciones cotidianas, calcular su valor y describir sus efectos relacionándolos con la dinámica del M.A.S.”, “4. Aplicar el principio de conservación del momento lineal a

sistemas de dos cuerpos y predecir el movimiento de los mismos a partir de las condiciones iniciales. “, ”5. Justificar la necesidad de que existan fuerzas para que se produzca un movimiento circular.”

Bloque 7: Dinámica	
Contenidos	<p>La fuerza como interacción.</p> <p>Efectos de las fuerzas.</p> <p>Clasificación y propiedades de las fuerzas. Unidades.</p> <p>Composición de fuerzas. Diagramas de fuerzas.</p> <p>Leyes de Newton.</p> <p>Fuerzas de contacto.</p> <p>Dinámica de cuerpos ligados y equilibrio de traslación.</p> <p>Concepto de tensión.</p> <p>Sistema de fuerzas en planos horizontales, planos inclinados y poleas.</p> <p>Fuerzas de rozamiento.</p> <p>Coeficiente de rozamiento y su medida en el caso de un plano inclinado.</p> <p>Fuerzas elásticas. Ley de Hooke.</p> <p>Dinámica del M.A.S.</p> <p>Movimiento horizontal y vertical de un muelle elástico.</p> <p>Dinámica del movimiento de un péndulo simple.</p> <p>Sistema de dos partículas.</p> <p>Momento lineal. Variación.</p> <p>Conservación del momento lineal e impulso mecánico.</p> <p>Dinámica del movimiento circular uniforme.</p> <p>Fuerza centrípeta. Ejemplos: vehículos en curva, con y sin peralte; movimiento de satélites.</p> <p>Fuerzas centrales. Momento de una fuerza y momento angular.</p> <p>El peso de los cuerpos. Principio de superposición.</p>
Criterios de evaluación	<p>1. Identificar todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y resolver ejercicios de composición de fuerzas.</p>

	<p>3. Reconocer las fuerzas elásticas en situaciones cotidianas, calcular su valor y describir sus efectos relacionándolos con la dinámica del M.A.S.</p> <p>4. Aplicar el principio de conservación del momento lineal a sistemas de dos cuerpos y predecir el movimiento de los mismos a partir de las condiciones iniciales.</p> <p>5. Justificar la necesidad de que existan fuerzas para que se produzca un movimiento circular.</p>
<p>Estándares de aprendizaje evaluables</p>	<p>1.1. Representa todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, obteniendo la resultante, y extrayendo consecuencias sobre su estado de movimiento.</p> <p>1.2. Dibuja el diagrama de fuerzas de un cuerpo situado en el interior de un ascensor en diferentes situaciones de movimiento, calculando su aceleración a partir de las leyes de la dinámica.</p> <p>3.1. Determina experimentalmente la constante elástica de un resorte aplicando la ley de Hooke y calcula la frecuencia con la que oscila una masa conocida unida a un extremo del citado resorte.</p> <p>3.2. Demuestra que la aceleración de un movimiento armónico simple (M.A.S.) es proporcional al desplazamiento utilizando la ecuación fundamental de la Dinámica.</p> <p>3.3. Estima el valor de la gravedad haciendo un estudio del movimiento del péndulo simple.</p> <p>4.1. Establece la relación entre impulso mecánico y momento lineal aplicando la segunda ley de Newton.</p> <p>4.2. Explica el movimiento de dos cuerpos en casos prácticos como colisiones y sistemas de propulsión mediante el principio de conservación del momento lineal.</p> <p>5.1. Aplica el concepto de fuerza centrípeta para resolver e interpretar casos de móviles en curvas y en trayectorias circulares</p>

Tabla 2: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 7: Dinámica (1º Bachillerato)

En cuanto al Bloque 8: Energía, “1. Establecer la ley de conservación de la energía mecánica y aplicarla a la resolución de casos prácticos.”, “2. Reconocer sistemas conservativos como aquellos para los que es posible asociar una energía potencial y representar la relación entre trabajo y energía.”, “3. Conocer las transformaciones energéticas que tienen lugar en un oscilador armónico.”

Bloque 8: Energía	
Contenidos	<p>Formas de energía.</p> <p>Transformación de la energía.</p> <p>Energía mecánica y trabajo. .</p> <p>Principio de conservación de la energía mecánica.</p> <p>Sistemas conservativos.</p> <p>Energía cinética y potencial del movimiento armónico simple.</p> <p>Conservación de la energía en un movimiento armónico simple.</p>
Criterios de evaluación	<p>1. Establecer la ley de conservación de la energía mecánica y aplicarla a la resolución de casos prácticos.</p> <p>2. Reconocer sistemas conservativos como aquellos para los que es posible asociar una energía potencial y representar la relación entre trabajo y energía.</p> <p>3. Conocer las transformaciones energéticas que tienen lugar en un oscilador armónico.</p>
Estándares de aprendizaje evaluables	<p>1.1. Aplica el principio de conservación de la energía para resolver problemas mecánicos, determinando valores de velocidad y posición, así como de energía cinética y potencial.</p> <p>1.2. Relaciona el trabajo que realiza una fuerza sobre un cuerpo con la variación de su energía cinética y determina alguna de las magnitudes implicadas.</p> <p>2.1. Clasifica en conservativas y no conservativas, las fuerzas que intervienen en un supuesto teórico justificando las transformaciones energéticas que se producen y su relación con el trabajo.</p> <p>3.1. Estima la energía almacenada en un resorte en función de la</p>

	<p>elongación, conocida su constante elástica.</p> <p>3.2. Calcula las energías cinética, potencial y mecánica de un oscilador armónico aplicando el principio de conservación de la energía y realiza la representación gráfica correspondiente.</p>
--	---

Tabla 3: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 8: Energía (1º Bachillerato)

Como puede deducirse, los conocimientos requeridos en las tablas 1, 2 y 3 para entender en profundidad lo que la experiencia expuesta en este trabajo requiere, son ampliación de los contenidos que se han ido adquiriendo a lo largo de segundo, tercero y cuarto de la ESO. Según aparece en la ORDEN EDU/362/2015 del 4 de mayo establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León (BOCYL, viernes 8 de mayo de 2015, nº6, Página 32126 y sig.). Las tablas 3, 4 y 5 contienen los contenidos directamente relacionados que serán base del conocimiento requerido:

Segundo curso	
Bloque 3: El movimiento y las fuerzas	
Contenidos	<p>El movimiento.</p> <p>Posición.</p> <p>Trayectoria.</p> <p>Desplazamiento.</p> <p>Velocidad media e instantánea.</p> <p>M.R.U.</p> <p>Gráficas posición tiempo (x-t).</p> <p>Fuerzas. Efectos.</p> <p>Ley de Hooke.</p> <p>Fuerza de la gravedad.</p> <p>Peso de los cuerpos.</p> <p>Máquinas simples.</p>
Criterios de evaluación	<p>1. Establecer la velocidad de un cuerpo como la relación entre el desplazamiento y el tiempo invertido en recorrerlo. Diferenciar</p>

	<p>espacio recorrido y desplazamiento y velocidad media e instantánea. Hacer uso de representaciones gráficas posición-tiempo para realizar cálculos en problemas cotidianos.</p> <p>2. Reconocer el papel de las fuerzas como causa de los cambios en el estado de movimiento y de las deformaciones.</p> <p>3. Valorar la utilidad de las máquinas simples en la transformación de un movimiento en otro diferente, y la reducción de la fuerza aplicada necesaria.</p> <p>4. Considerar la fuerza gravitatoria como la responsable del peso de los cuerpos. Diferenciar entre masa y peso y comprobar experimentalmente su relación en el laboratorio.</p>
<p>Estándares de aprendizaje evaluables</p>	<p>1.1. Determina, experimentalmente o a través de aplicaciones informáticas, la velocidad media de un cuerpo interpretando el resultado.</p> <p>1.2. Realiza cálculos para resolver problemas cotidianos utilizando el concepto de velocidad.</p> <p>2.1. En situaciones de la vida cotidiana, identifica las fuerzas que intervienen y las relaciona con sus correspondientes efectos en la deformación o en la alteración del estado de movimiento de un cuerpo.</p> <p>2.2. Establece la relación entre el alargamiento producido en un muelle y las fuerzas que han producido esos alargamientos, describiendo el material a utilizar y el procedimiento a seguir para ello y poder comprobarlo experimentalmente.</p> <p>2.3. Describe la utilidad del dinamómetro para medir la fuerza elástica y registra los resultados en tablas y representaciones gráficas expresando el resultado experimental en unidades en el Sistema Internacional.</p> <p>3.1. Interpreta el funcionamiento de máquinas mecánicas simples considerando la fuerza y la distancia al eje de giro y realiza cálculos sencillos sobre el efecto multiplicador de la fuerza producido por</p>

	<p>estas máquinas.</p> <p>4.1 Distingue entre masa y peso calculando el valor de la aceleración de la gravedad a partir de la relación entre ambas magnitudes.</p>
--	--

Tabla 4: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 3: El movimiento y las fuerzas (2º ESO)

Segundo curso	
Bloque 4: Energía	
Contenidos	<p>Energía. Unidades.</p> <p>Tipos Transformaciones de la energía y su conservación.</p> <p>Energía térmica. El calor y la temperatura.</p> <p>Unidades.</p>
Criterios de evaluación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconocer que la energía es la capacidad de producir transformaciones o cambios. 2. Identificar los diferentes tipos de energía puestos de manifiesto en fenómenos cotidianos y en experiencias sencillas realizadas en el laboratorio. 3. Relacionar los conceptos de energía, calor y temperatura en términos de la teoría cinético-molecular y describir los mecanismos por los que se transfiere la energía térmica en diferentes situaciones cotidianas. 4. Interpretar los efectos de la energía térmica sobre los cuerpos en situaciones cotidianas y en experiencias de laboratorio.
Estándares de aprendizaje evaluables	<ol style="list-style-type: none"> 1.1. Argumenta que la energía se puede transferir, almacenar o disipar, pero no crear ni destruir, utilizando ejemplos. 1.2. Reconoce y define la energía como una magnitud expresándola en la unidad correspondiente en el Sistema Internacional.

	<p>2.1. Relaciona el concepto de energía con la capacidad de producir cambios e identifica los diferentes tipos de energía que se ponen de manifiesto en situaciones cotidianas explicando las transformaciones de unas formas a otras.</p> <p>3.1. Explica el concepto de temperatura en términos del modelo cinético-molecular diferenciando entre temperatura, energía y calor.</p> <p>3.2. Conoce la existencia de una escala absoluta de temperatura y relaciona las escalas de Celsius y Kelvin.</p> <p>3.3. Identifica los mecanismos de transferencia de energía reconociéndolos en diferentes situaciones cotidianas y fenómenos atmosféricos, justificando la selección de materiales para edificios y en el diseño de sistemas de calentamiento.</p> <p>4.1. Explica el fenómeno de la dilatación a partir de alguna de sus aplicaciones como los termómetros de líquido, juntas de dilatación en estructuras, etc.</p> <p>4.2. Explica la escala Celsius estableciendo los puntos fijos de un termómetro basado en la dilatación de un líquido volátil.</p> <p>4.3. Interpreta cualitativamente fenómenos cotidianos y experiencias donde se ponga de manifiesto el equilibrio térmico asociándolo con la igualación de temperaturas.</p>
--	---

Tabla 5: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 4: Energía (2º ESO)

Tercer curso	
Bloque 3: El movimiento y las fuerzas	
Contenidos	<p>Las fuerzas.</p> <p>Velocidad media y velocidad instantánea.</p> <p>La velocidad de la luz.</p>

	<p>Aceleración.</p> <p>Estudio de la fuerza de rozamiento.</p> <p>Influencia en el movimiento.</p> <p>Estudio de la gravedad.</p> <p>Masa y peso.</p>
Criterios de evaluación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconocer el papel de las fuerzas como causa de los cambios en el estado de movimiento y de las deformaciones. 2. Establecer la velocidad de un cuerpo como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo invertido en recorrerlo. 3. Diferenciar entre velocidad media e instantánea a partir de gráficas espacio/tiempo y velocidad/tiempo, y deducir el valor de la aceleración utilizando éstas últimas. 4. Comprender el papel que juega el rozamiento en la vida cotidiana.
Estándares de aprendizaje evaluables	<ol style="list-style-type: none"> 1.1. Establece la relación entre una fuerza y su correspondiente efecto en la deformación o alteración del estado de movimiento de un cuerpo. 2.1. Realiza cálculos para resolver problemas cotidianos utilizando el concepto de velocidad. 3.1. Deducir la velocidad media e instantánea a partir de las representaciones gráficas del espacio y de la velocidad en función del tiempo. 3.2. Justifica si un movimiento es acelerado o no a partir de las representaciones gráficas del espacio y de la velocidad en función del tiempo. 4.1. Analiza los efectos de las fuerzas de rozamiento y su influencia en el movimiento de los seres vivos y los vehículos.

Tabla 6: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 3: El movimiento y las fuerzas (3º ESO)

Cuarto curso	
Bloque 2 : El movimiento y las fuerzas	
Contenidos	<p>La relatividad del movimiento: sistemas de referencia.</p> <p>Desplazamiento y espacio recorrido.</p> <p>Velocidad y aceleración. Unidades.</p> <p>Naturaleza vectorial de la posición, velocidad y aceleración.</p> <p>Movimientos rectilíneo uniforme, rectilíneo uniformemente acelerado y circular uniforme.</p> <p>Representación e interpretación de gráficas asociadas al movimiento.</p> <p>Naturaleza vectorial de las fuerzas.</p> <p>Composición y descomposición de fuerzas. Resultante.</p> <p>Leyes de Newton.</p> <p>Fuerzas de especial interés: peso, normal, rozamiento [...]</p>
Criterios de evaluación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Justificar el carácter relativo del movimiento y la necesidad de un sistema de referencia y de vectores para describirlo adecuadamente, aplicando lo anterior a la representación de distintos tipos de desplazamiento. 2. Distinguir los conceptos de velocidad media y velocidad instantánea justificando su necesidad según el tipo de movimiento. 3. Expresar correctamente las relaciones matemáticas que existen entre las magnitudes que definen los movimientos rectilíneos y circulares. 4. Resolver problemas de movimientos rectilíneos y circulares, utilizando una representación esquemática con las magnitudes vectoriales implicadas, expresando el resultado en las unidades del Sistema Internacional. 5. Elaborar e interpretar gráficas que relacionen las variables del movimiento partiendo de experiencias de laboratorio o de aplicaciones virtuales interactivas y

	<p>relacionar los resultados obtenidos con las ecuaciones matemáticas que vinculan estas variables.</p> <p>6. Reconocer el papel de las fuerzas como causa de los cambios en la velocidad de los cuerpos y representarlas vectorialmente.</p> <p>7. Utilizar el principio fundamental de la Dinámica en la resolución de problemas en los que intervienen varias fuerzas.</p> <p>8. Aplicar las leyes de Newton para la interpretación de fenómenos cotidianos.</p>
<p>Estándares de aprendizaje evaluables</p>	<p>1.1. Las características del trabajo científico.</p> <p>2.1. Distingue entre hipótesis, leyes y teorías, y explica los procesos que corroboran una hipótesis y la dotan de valor científico.</p> <p>3.1. Identifica una determinada magnitud como escalar o vectorial y describe los elementos que definen a esta última.</p> <p>4.1. Comprueba la homogeneidad de una fórmula aplicando la ecuación de dimensiones a los dos miembros.</p> <p>5.1. Calcula e interpreta el error absoluto y el error relativo de una medida conocido el valor real.</p> <p>6.1. Calcula y expresa correctamente, partiendo de un conjunto de valores resultantes de la medida de una misma magnitud, el valor de la medida, utilizando las cifras significativas adecuadas.</p> <p>7.1. Identifica y representa las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en movimiento tanto en un plano horizontal como inclinado, calculando la fuerza resultante y la aceleración.</p> <p>8.1. Interpreta fenómenos cotidianos en términos de las leyes de Newton.</p> <p>8.2. Deduce la primera ley de Newton como consecuencia del enunciado de la segunda ley.</p>

	8.3. Representa e interpreta las fuerzas de acción y reacción en distintas situaciones de interacción entre objetos.
--	--

Tabla 7: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 2: El movimiento y las fuerzas (4º ESO)

Cuarto curso	
Bloque 3: La energía	
Contenidos	<p>Energías cinética y potencial.</p> <p>Energía mecánica.</p> <p>Principio de conservación.</p> <p>El trabajo y el calor como transferencia de energía mecánica.</p>
Criterios de evaluación	<p>1. Analizar las transformaciones entre energía cinética y energía potencial, aplicando el principio de conservación de la energía mecánica cuando se desprecia la fuerza de rozamiento, y el principio general de conservación de la energía cuando existe disipación de la misma debida al rozamiento.</p> <p>2. Reconocer que el calor y el trabajo son dos formas de transferencia de energía, identificando las situaciones en las que se producen.</p>
Estándares de aprendizaje evauables	<p>1.1. Resuelve problemas de transformaciones entre energía cinética y potencial gravitatoria, aplicando el principio de conservación de la energía mecánica.</p> <p>1.2. Determina la energía disipada en forma de calor en situaciones donde disminuye la energía mecánica.</p> <p>2.1. Identifica el calor y el trabajo como formas de intercambio de energía, distinguiendo las acepciones coloquiales de estos términos del significado científico de los mismos.</p> <p>2.2. Reconoce en qué condiciones un sistema intercambia</p>

	energía en forma de calor o en forma de trabajo.
--	--

Tabla 8: Extracto del currículo de la normativa vigente: Bloque 3: La energía (4º ESO)

7. Aspectos docentes y didácticos

Educación³ (del latín educāre) significa, entre otros, dirigir, encaminar, adoctrinar; desarrollar o perfeccionar las facultades intelectuales y morales del niño o del joven por medio de preceptos, ejercicios, ejemplos, etc.

Aunque la definición propuesta por la RAE me parece muy ajustada, a mi parecer faltan unos elementos primordiales: Quién educa y a quién se educa.

En nuestro caso quien educa es el profesor. Un profesor que tiene que estar adaptado y actualizado para con los alumnos. Para ello tiene que actualizarse tanto a nivel social, filosófico, tecnológico, científico... Según mi criterio creo que la educación tiene que buscar un punto de vista constructivista. Para ello tenemos que saber en qué punto se encuentra el alumnado, qué aspectos tiene más fortalecidos y cuáles menos y a partir de ahí, en conjunto, construir el conocimiento. Pero sea como sea existe un ámbito mucho más importante que las aptitudes, sean del educador o del educando, y son las actitudes. Los tiempos cambian cada vez más rápidos y con ello la necesidad de especialización debido a la gran cantidad de conocimiento ante el cual nos encontramos y que seguirá aumentando. El trabajo en equipo, la capacidad de comunicación, la resolución de conflictos, el pensamiento crítico, aprender a aprender⁴ son sólo la superficie de actitudes y competencias⁵ que un buen profesor debería desarrollar y por supuesto transmitir a sus educandos.

Según el libro blanco del profesor⁷ un buen educador debería tener las siguientes características entre otras:

- Comprender y dominar en profundidad los conocimientos que intenta transmitir

³ [2] <http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=educar>

⁴ [3] <https://competenciasbasicascordoba.webnode.es/aprender-a-aprender/>

⁵ [4] <http://www.psicopedagogia.com/definicion/aprender%20a%20aprender>

⁶ [5] <http://www.mariapinto.es/alfineees/competencias.htm>

⁷ [6] <http://www.joseantoniomarina.net/proyecto/libroblancodocente/>

- Capacidad de comunicación, interacción, coordinación y compenetración con el resto de docentes
- Capacidad de resolución de conflictos
- Asertividad
- Habilidades sociales y de oratoria
- Conocedor de las nuevas tecnologías
- Capacidad de investigación e innovación docente
- Capacidad de comprensión y adaptación para con el alumnado
- Capacidad de adaptación para alumnos de atención a la diversidad.

Según la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero⁸, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato, las competencias que pretendemos desarrollar en esta experiencia son:

- a) **Comunicación lingüística.** Que desarrollarán al interaccionar entre los alumnos y el profesor, así como con la comprensión del guión de prácticas, creación de la memoria y la presentación final del proyecto.
- b) **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.** Que tendrán que usar y desarrollar para cumplimentar con éxito ésta práctica.
- c) **Competencia digital.** Desarrollada gracias al uso de los ordenadores y aplicaciones de las nuevas tecnologías
- d) **Aprender a aprender.** Logrando aplicar el conocimiento adquirido a lo largo de los años de secundaria y bachillerato aplicando de forma efectiva la teoría en los aspectos que la experiencia requiera.
- e) **Competencias sociales y cívicas.** Necesarias para el trabajo en equipo y la coordinación del mismo.
- f) **Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.** Se les pedirá que hagan y creen ellos mismos un guión de prácticas que a su parecer sea óptimo consiguiéndose

⁸ [7] <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/29/pdfs/BOE-A-2015-738.pdf>

así que en un futuro tengan cierta facilidad al desarrollar el sentido de la iniciativa y el emprendimiento.

- g) **Conciencia y expresiones culturales.** La ciencia es lo que nos permite vivir al nivel en el que estamos. Y el uso de la misma hace que indagemos más en el conocimiento de la sociedad actual. La creación de la memoria y del guión de prácticas así como el uso de las nuevas tecnologías y la ofimática hará que esta competencia se desarrolle con éxito.

7.1 Planificación de la experiencia

7.1.1 Organización del alumnado

La experiencia la vamos a aplicar al primer curso de primero de bachillerato que constará de veinticuatro alumnos. Los dividiremos en grupos de tres personas.

7.1.2 Temporalización

Las clases en los institutos tienen una duración de 50 minutos.

Se considera que para la realización de este experimento serán necesarias al menos 5 sesiones que se realizarán en el tercer trimestre del curso.

Sesión 1

Esta sesión se realizará en un aula convencional haciéndose uso del encerado y del proyector. En esta primera sesión se le dará a conocer al alumno en qué consiste la experiencia, los objetivos a lograr, se formarán los grupos de tres personas y se establecerá la fecha de presentación del proyecto, así como la fecha final de entrega del informe que ha de presentar. Además se hará un repaso de los conocimientos mínimos que deben de tener para realizar y terminar esta práctica con éxito. Se les pedirá a los alumnos que lleven el teléfono móvil a clase así como un cable USB para transferir los videos al ordenador.

Sesión 2

En esta segunda sesión se realizará en el aula TIC donde se continuará explicando todo el fundamento teórico que vamos a trabajar. Se les pedirá que se traigan el teléfono móvil pues se les enseñará cómo grabar en cámara lenta o en gran calidad con el mismo y en su defecto descargar la aplicación Cámara HD profesional 4k⁹. Además se les explicará a los alumnos cómo tienen que usar los programas de video (VCL Media Player¹⁰) para que puedan medir los diferentes ángulos y calculen las tensiones, velocidades, energía y coeficiente de restitución.

Sesión 3

La tercera sesión se llevará a cabo en el laboratorio donde gracias a los teléfonos móviles podrán grabar a cámara lenta y gran calidad para en la sesión siguiente poder guardar y tratar los datos necesarios. La práctica se realizará con sólo dos de las cinco bolas que trae normalmente la cuna de Newton. Se realizarán tres grabaciones por cada uno de los tres ángulos diferentes que se han elegido para así poder ser más rigurosos a la hora de tratar los datos. Después se les pedirá que realicen la práctica con dos bolas, con sólo un ángulo seleccionado por ellos pero añadiendo un trocito de cinta americana/aislante en el punto de contacto con la siguiente bola para observar el comportamiento y medir de nuevo el coeficiente de restitución. Después deberán hacer diferentes experimentos usando dos, tres y cuatro bolas inicialmente bajo diferentes circunstancias para observar qué fenómenos ocurren.

Sesión 4

En esta sesión llevaremos a los alumnos al aula TIC para que puedan procesar los datos de los videos que han realizado en la sesión anterior, y poder llevar los datos a programas ofimáticos y tratar los datos. Los alumnos que por cualquier motivo tengan que repetir alguna medida pueden hacerlo en el aula de informática, dado que el profesor llevará el material para su uso dado el caso.

⁹[8] https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hd_camera_dslr.hd_camcorders

¹⁰[9] <https://vlc-media-player.uptodown.com/windows>

Gracias a que hemos grabado a 120 fps (frames per second) podemos ralentizar la grabación sin que pierda calidad, por ejemplo usando el reproductor de video VLC Media Player.

Sesión 5

Ésta será la última sesión de la experiencia. En ella los diferentes grupos tendrán que exponer con ayuda de los recursos que ellos consideren oportunos y disponibles en el centro. Como máximo la duración de cada exposición será de cinco minutos con dos minutos de preguntas por parte del profesor.

Al final de esta sesión los alumnos entregarán los guiones y las memorias de las prácticas al profesor.

Las preguntas a realizar por parte del profesor serán del tipo:

- ¿Por qué ocurría ese fenómeno cuando pegábamos cinta aislante en el punto de contacto de las bolas?
- En ese caso, ¿qué ocurría con la energía? ¿Y con el momento?
- ¿Por qué al soltar dos bolas de un mismo extremo a velocidad v no sale sólo una por el otro extremo a velocidad $2v$?
- ¿Qué pasará si la primera bola tiene el doble de masa?

7.1.3 Metodología y estrategias de enseñanza

Como hemos podido apreciar, esta experiencia de laboratorio engloba un conocimiento muy amplio: Conservación de energía y momento lineal, sistemas aislados, péndulos, choques elásticos e inelásticos así como un uso avanzado de las matemáticas, uso de las nuevas tecnologías y las TICs para la obtención y análisis de los datos.

En las dos primeras sesiones se hace un repaso profundo de todo el conocimiento necesario para hacer la práctica. Se pretende que en esas dos sesiones no sean de explicación propiamente dicha si no de planteamientos hechos por el profesor y discusión y argumentación por parte de los alumnos al intentar predecir qué ocurre en cada caso y por qué, por supuesto guiado por el docente. Esto hace que se desarrolle

el pensamiento crítico, competencias lingüísticas en el debate, aceptación de la crítica y mejora de la convivencia, asertividad, uso del lenguaje científico, desarrollo del pensamiento científico... Además aprenderán a usar las nuevas tecnologías y programas informáticos como una herramienta de laboratorio.

Una vez capturados los videos en los diferentes videos, tendrán que obtener los datos gracias al VLC Media Player y luego tendrán que tratar los datos en Excel¹¹ o en su defecto en LibreOffice¹².

Después tendrán que hacer un informe de laboratorio en grupo, desarrollando la comprensión y compenetración grupal, asertividad, puesta en común, gestión de conflictos, etc.

Cuando han terminado las cuatro primeras sesiones los diferentes grupos tendrán que hacer una presentación de su experiencia de laboratorio explicando y respondiendo a algunas preguntas que se plantean en el guión. El mismo día de la exposición deberán entregar el guión.

7.1.4 Evaluación

Este trabajo tendrá un peso del 50% del total de la nota que tiene la parte experimental en la asignatura de física y química, es decir, un 10% sobre la nota total del trimestre. Se evaluarán los siguientes aspectos:

- Trabajo en equipo (1 punto): Este aspecto es muy importante en la vida diaria. Comunicación, gestión de conflictos, organización y resultados.
- Manejo en el laboratorio y tratamiento de datos (1 punto): Para ser buen científico hay que saber qué hacer y cómo hacerlo.
- Exposición oral (1.5 puntos): Se valorará la forma de explicarlo, la compenetración, el PowerPoint, la rigurosidad del lenguaje y la profundidad del conocimiento. Esos apartados contarán un punto. Al final de la exposición, a cada grupo, el profesor realizará una cuestión referente a la cuna de Newton. Esta pregunta tendrá un valor de medio punto.

¹¹ [10] <https://products.office.com/es-es/excel>

¹² [11] <https://es.libreoffice.org/>

- Informe de laboratorio (1.5 puntos): Se entregará un informe por cada grupo de tres personas. Se valorará la claridad de los contenidos y el informe en sí mismo. Cada informe constará de los siguientes apartados:
 - Portada: que contendrá los nombres de los componentes del grupo junto, la fecha de realización, nombre del instituto, título de la práctica y nombre del profesor.
 - Índice: donde aparecerán los diferentes apartados del informe.
 - Fundamento teórico: donde se resumirá los aspectos físicos que se consideren oportunos referidos a la práctica.
 - Material: Que describirá incluyendo imágenes el material necesario para realizar esta práctica.
 - Procedimiento: Pasos necesarios para llevar la práctica a cabo.
 - Obtención y tratamiento de datos: Cómo se han obtenido y cómo se han calculado los diferentes valores.
 - Resultados y Conclusiones: Qué resultados se han obtenido y las conclusiones a las que ha llegado el grupo.

8. La experiencia de laboratorio

La propuesta que ofrece este informe es el estudio de la conservación del momento y la energía, estudio del péndulo, choques elásticos e inelásticos, estudio del coeficiente de restitución entre otros gracias al estudio de un muy llamativo "juego de oficina" como es el péndulo de Newton.

A cada grupo de alumnos se les proporcionará un péndulo de Newton, un transportador de ángulos anclado en una pequeña viga de madera para hacer las medidas de los ángulos tras los sucesivos impactos de las bolas y un poco de cinta aislante. Para poder ver qué ángulo es alcanzado tras los sucesivos impactos, se hará uso de la cámara lenta del teléfono móvil o grabaremos en alta calidad. Y para poder finalmente obtener los datos y tratarlos, trasladaremos los vídeos correspondientes al ordenador y se hará uso del programa VLC Media Player. Una vez obtenidos los ángulos, haciendo uso de un programa de tratamiento de datos, se podrá calcular la velocidad máxima, la tensión máxima y la energía tras los sucesivos impactos así como el coeficiente de restitución.



Imagen 1: Herramienta para medir los ángulos en la cuna de Newton.

Los alumnos tendrán que realizar un informe con los puntos que se explicarán más adelante así como una exposición oral. En el guión de prácticas que se le entrega habrá unas preguntas no triviales que tendrán que responder experimentando con el péndulo de Newton.

8.1 Fundamento teórico¹³¹⁴¹⁵

Las leyes de Newton son tres principios a partir de los cuales se explican una gran parte de los problemas planteados en mecánica clásica, en particular aquellos relativos al movimiento de los cuerpos.

8.1.1 Primera ley de Newton o Ley de Inercia:

Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas impresas sobre él.

8.1.2 Segunda ley de Newton o ley fundamental de la dinámica:

El cambio de movimiento es directamente proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime.

Si la masa es constante se puede establecer la siguiente relación que constituye la ecuación fundamental de la dinámica:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

Donde $\sum \vec{F}$ es la suma de todas las fuerzas que actúan en el cuerpo; m la masa del cuerpo que debe ser constante; \vec{a} la aceleración que adquiere el cuerpo al aplicar la fuerza. Esta ecuación es una ecuación vectorial, por lo que debe cumplirse componente a componente

La fuerza en el sistema internacional se mide en N (Newtons)

$$1N = \frac{kg * m}{s^2}$$

8.1.3 Tercera Ley de Newton o principio de acción-reacción:

Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria: quiere decir que las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en sentido opuesto.

8.1.4 Leyes de conservación

Si un sistema no interacciona con su entorno de ninguna manera, entonces determinadas propiedades mecánicas del sistema no pueden cambiar. Algunas veces

¹³ [12] <https://science.howstuffworks.com/innovation/inventions/newtons-cradle.htm>

¹⁴ [13] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/newt.html>

¹⁵ [14] https://es.wikipedia.org/wiki/Leyes_de_Newton

nos referimos a ellas como "constantes del movimiento". Estas cantidades se dice que son "conservadas" y las leyes de conservación resultante se pueden considerar como los principios más fundamentales de la mecánica. En mecánica, ejemplos de cantidades conservativas son la energía, el momento y el momento angular. Las leyes de conservación son exactas para un sistema aislado.

8.1.5 Sistema aislado¹⁶

Un sistema aislado es una colección de materia, que no reacciona en absoluto con el resto del universo y hasta donde conocemos, no existen tales sistemas.

Las leyes de conservación se pueden presumir exactas cuando se refieran a sistemas aislados:

Conservación del momento lineal¹⁷

La cantidad de movimiento total de todo sistema aislado, no puede ser cambiada y permanece constante en el tiempo. Si a una parte del sistema se le da un determinado momento en una dirección determinada, entonces alguna otra parte del sistema obtendrá simultáneamente, exactamente el mismo momento en dirección opuesta.

Conservación de la energía¹⁸

La ley de la conservación de la energía afirma que la cantidad total de energía en cualquier sistema físico aislado permanece invariable con el tiempo, aunque dicha energía puede transformarse en otra forma de energía. En resumen, la ley de la conservación de la energía afirma que la energía no puede crearse ni destruirse, solo puede cambiar de una forma a otra.

8.1.6 El Péndulo simple¹⁹

Vamos a considerar el péndulo simple como una masa m suspendida de un punto O por un hilo inextensible de longitud L y masa despreciable.

¹⁶[15] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/conser.html>

¹⁷[16] https://es.wikipedia.org/wiki/Cantidad_de_movimiento

¹⁸[17] https://es.wikipedia.org/wiki/Conservaci%C3%B3n_de_la_energ%C3%ADa

¹⁹[18] <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/trabajo/pendulo/pendulo.htm>

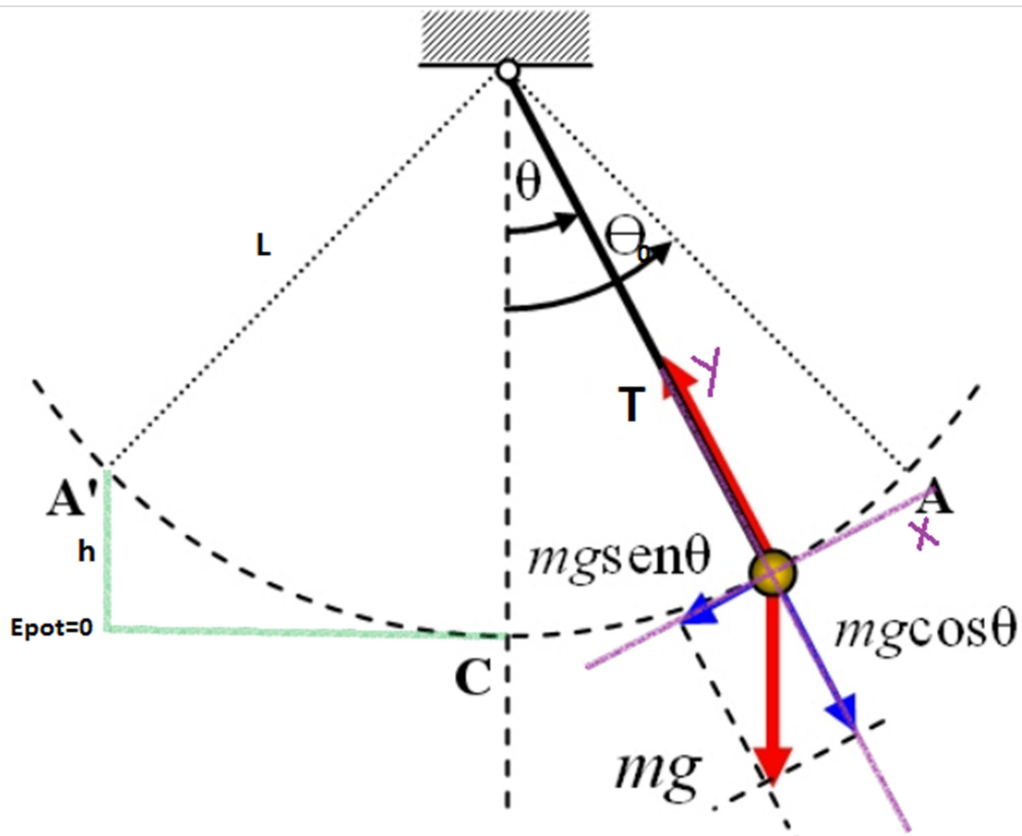


Imagen 2²⁰: Péndulo simple: componentes y características

Definimos el peso como P :

$$(1) P = mg$$

Si ponemos un sistema de referencia donde se encuentra la masa m , las proyecciones del peso en los ejes x e y serán respectivamente:

$$(2) P_y = mg \cos \theta$$

$$(3) P_x = mg \sin \theta$$

Donde m es la masa suspendida y g la aceleración gravitatoria y ϑ el ángulo.

Además la altura a la que se verá suspendida la masa m será h :

²⁰ Imagen basada en: [19]

https://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9ndulo_simple#/media/File:Moglfm1309_pendulosimple.jpg

$$(4) h = L - L \cos \theta$$

Siendo L la longitud del hilo que suspende la masa m .

Haciendo uso de la segunda ley de Newton:

$$(5) \sum \vec{F} = m\vec{a}$$

En este caso, si lo analizamos en el eje y ,

$$(6) ma_n = T - mg \cos \theta$$

Donde T es la tensión que sufre la cuerda y a_n la aceleración normal de un cuerpo al realizar una curva.

Haciendo uso de $a_n = \frac{v^2}{R}$; donde v es la velocidad del cuerpo y R el radio obtenemos:

$$(7) m \frac{v^2}{R} = T - mg \cos \theta$$

Despejando la T :

$$(8) T = m \frac{v^2}{R} + mg \cos \theta$$

Justo antes de empezar el movimiento, $\theta = \theta_0$ donde la velocidad tiene el valor $v = 0$.

Obtenemos así:

$$(9) T_{min} = mg \cos \theta_0$$

Cuando $\theta = 0$ la velocidad es máxima:

$$(10) T_{max} = m \frac{v_{max}^2}{R} + mg$$

Usando la segunda ley de Newton (5) en el eje x :

$$(11) ma_t = -mg \sen \theta$$

Estudio de la energía en el péndulo²¹

Como bien sabemos, la energía mecánica de una partícula es la suma de la energía potencial con la energía cinética:

$$(12) \quad E_{mec} = E_{cin} + E_{pot}$$

$$(13) \quad E_{mec} = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

Donde

$$(14) \quad E_{cin} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$(15) \quad E_{pot} = mgh$$

Haciendo uso de (4) nos queda pues

$$(16) \quad E_{pot} = mgL(1 - \cos \theta)$$

Así la energía mecánica

$$(17) \quad E_{mec} = \frac{1}{2}mv^2 + mgL(1 - \cos \theta)$$

Justo antes de empezar el movimiento, $\theta = \theta_0$ donde la velocidad tiene el valor $v = 0$, por tanto la energía mecánica solo será energía potencial:

$$(18) \quad E_{mec} = E_{pot} = mgL(1 - \cos \theta_0)$$

Tomando como punto de referencia cuando $\theta = 0$, vemos que $E_{pot} = 0$, es decir, toda la energía potencial del inicio del movimiento se habrá transformado en energía cinética:

$$(19) \quad E_{pot} = E_{cin}$$

$$(20) \quad \frac{1}{2}mv^2 = mgL(1 - \cos \theta_0)$$

Despejando v^2 nos queda:

$$(21) \quad v^2 = 2gL(1 - \cos \theta_0)$$

²¹[20] http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/con_mlineal/esferas/esferas.htm

Esa será la expresión de la velocidad cuando $\theta = 0$ donde la tensión es máxima y la energía potencial nula.

8.1.7 Choque frontal de dos esferas²²

Se entiende como choque frontal aquel choque que ocurre cuando la dirección de la velocidad relativa de una esfera respecto a la otra coincide con la dirección de la línea que une los centros de las esferas.

*Durante el choque elástico, la restricción de conservar la energía cinética del sistema, implica que durante la colisión no se emite sonido, calor ni se producen deformaciones permanentes en los cuerpos como consecuencia del impacto.*²³

*En un choque inelástico las fuerzas internas hacen trabajo, por lo que la energía cinética del sistema ya no permanece constante, aunque el momento lineal sigue conservándose. Si el trabajo de las fuerzas internas es negativo, la energía cinética del sistema disminuirá durante la colisión.*²⁴

Se tienen dos masas puntuales, una de masa m_1 moviéndose a una velocidad constante v_1 y otra de masa m_2 moviéndose a una velocidad constante v_2 moviéndose sobre la misma línea y dispuestas en un rumbo de colisión frontal. Se va a estudiar cuáles serán las velocidades de cada una de estas partículas después de la colisión, cuando la misma es del tipo elástica.

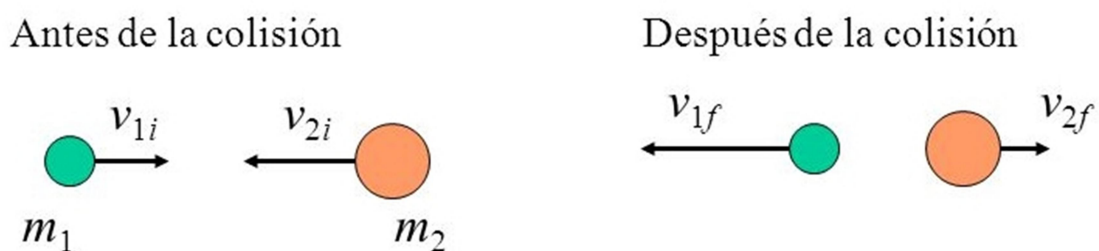


Imagen 3²⁵: Choque de esferas

²² [21] http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/con_mlineal/esferas/esferas.htm

²³ [22] https://es.wikipedia.org/wiki/Choque_el%C3%A1stico

²⁴ [23] https://es.wikipedia.org/wiki/Choque_inel%C3%A1stico

²⁵ Imagen basada en:[24] https://alejandraborda.files.wordpress.com/2014/11/slide_13.jpg

Se conserva el momento:

$$(22) \quad p_{1i} + p_{2i} = p_{1f} + p_{2f}$$

Donde p_{1i} y p_{1f} son el momento inicial y final de la masa m_1 y p_{2i} y p_{2f} el momento inicial y final de la masa m_2

Lo podemos escribir como:

$$(23) \quad m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2$$

Donde v_1 y v_2 son las velocidades iniciales de las masas m_1 y m_2 . Y u_1 y u_2 son las velocidades finales de las masas m_1 y m_2 .

Si suponemos un choque elástico la energía también se conservará:

$$(24) \quad E_{meci} = E_{mecf}$$

Si suponemos que sólo hay energía cinética:

$$(25) \quad E_{cin1i} + E_{cin2i} = E_{cin1f} + E_{cin2f}$$

$$(26) \quad \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$$

Combinando (23) y (24) tenemos que:

$$(27) \quad u_1 = \frac{v_1(m_1 - m_2) + 2v_2 m_2}{m_1 + m_2}$$

$$(28) \quad u_2 = \frac{v_2(m_2 - m_1) + 2v_1 m_1}{m_1 + m_2}$$

Vamos a suponer que dos esferas son de igual masa $m_1 = m_2 = m$, entonces las ecuaciones (27) y (28) nos quedarán como:

$$(29) \quad u_1 = v_2$$

$$(30) \quad u_2 = v_1$$

Esto se debe a que el choque es elástico, es decir, el coeficiente de restitución $e = 1$.

Pero de manera general

$$(31) \quad u_1 = e v_2$$

$$(32) \quad u_2 = e v_1$$

El coeficiente de restitución e toma valores entre $0 \leq e \leq 1$. Cuando $e = 1$ el choque es elástico, y en los demás casos se produce un choque inelástico.

Vamos a demostrar que si la energía y el momento se conservan, el coeficiente de restitución $e = 1$.

Vamos a suponer que la energía se conserva, que no hay energía potencial y que las esferas tienen la misma masa $m_1 = m_2 = m$. Haciendo uso de (26) nos queda:

$$(33) \quad v_1^2 + v_2^2 = u_1^2 + u_2^2$$

Haciendo uso de (31) y (32) nos queda

$$(34) \quad v_1^2 + v_2^2 = e^2(v_1^2 + v_2^2)$$

Despejando e y simplificando, el coeficiente de restitución nos quedará como:

$$(35) \quad e = 1$$

Como queríamos demostrar. Por tanto si $e=1$ no hay pérdidas de energía.

Para el péndulo de Newton (que estudiaremos un poco más adelante), vamos a tomar la velocidad inicial de la primera bola como con valor $v_1 = v$ y la segunda bola la vamos a considerar estática $v_2 = 0$, de tal forma que haciendo uso de las ecuaciones (31) y (32) nos queda tras el choque:

$$(36) \quad u_1 = 0$$

$$(37) \quad u_2 = ev$$

8.1.8 Sucesivos choques frontales de dos esferas iguales, colgadas de hilos de masa despreciable

Posición 1²⁶: $v=0$ y $\theta = \theta_0$;

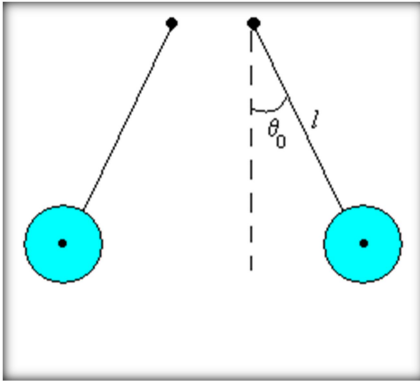


Imagen 5: Posición uno

Posición 2: antes del choque $V = v_{max0}$

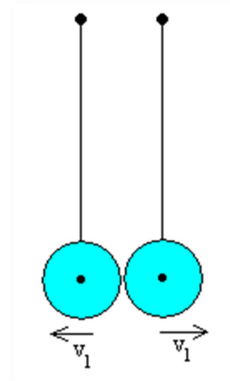


Imagen 4: Posición dos

Posición 3: $V = v_{max1} = e v_{max0}$;

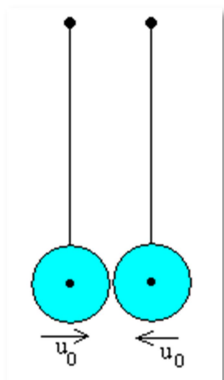


Imagen 6: Posición tres

Posición 4: ángulo máximo $\theta_1 \leq \theta_0$ y $v=0$

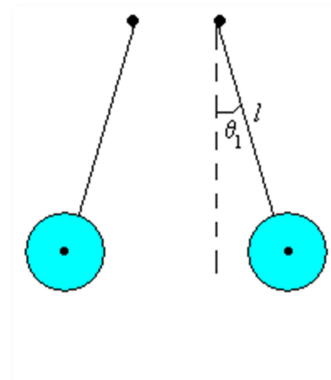


Imagen 7: Posición cuatro

Como hemos visto antes, suponiendo que el ángulo inicial es θ_0 , la v de cada una de las esferas antes del choque es:

$$(38) \quad v_0^2 = 2gL(1 - \cos \theta_0)$$

Tras el choque en valor absoluto

²⁶ Las imágenes tres, cuatro, cinco y seis están basadas en la siguiente: [25] http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/con_mlineal/esferas/esfera1.gif

$$(39) \quad v_1 = ev_0$$

Vamos a suponer un choque inelástico, es decir $e < 1$, $v_1 < v_0$ y por tanto $\theta_1 < \theta_0$.

La velocidad que cogerán las bolas tras el choque serán

$$(40) \quad v_1^2 = 2gL(1 - \cos \theta_1)$$

Donde θ_1 es el ángulo máximo alcanzado tras el choque.

La relación que existe entre v_1 y v_0 es:

$$(41) \quad \frac{v_0^2}{v_1^2} = \frac{2gL(1 - \cos \theta_0)}{2gL(1 - \cos \theta_1)}$$

Simplificando nos queda:

$$(42) \quad \frac{v_0^2}{v_1^2} = \frac{(1 - \cos \theta_0)}{(1 - \cos \theta_1)}$$

Como (39) $v_1 = ev_0$:

$$(43) \quad \frac{v_0^2}{(ev_0)^2} = \frac{(1 - \cos \theta_0)}{(1 - \cos \theta_1)}$$

Simplificando y despejando $\cos \theta_1$ nos queda:

$$(44) \quad \cos \theta_1 = 1 - e^2 + e^2 \cos \theta_0$$

Para el segundo choque:

$$(45) \quad v_1^2 = 2gL(1 - \cos \theta_1)$$

$$(46) \quad v_2 = ev_1$$

$$(47) \quad v_2^2 = 2gL(1 - \cos \theta_2)$$

La relación que existe entre v_2 y v_1 es:

$$(48) \quad \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{2gL(1 - \cos \theta_1)}{2gL(1 - \cos \theta_2)}$$

Simplificando nos queda:

$$(49) \quad \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{(1 - \cos \theta_1)}{(1 - \cos \theta_2)}$$

Como (46) $v_2 = ev_1$:

$$(50) \quad \frac{v_1^2}{(ev_1)^2} = \frac{(1 - \cos \theta_1)}{(1 - \cos \theta_2)}$$

Simplificando y despejando $\cos \theta_2$ nos queda:

$$(51) \quad \cos \theta_2 = 1 - e^2 + e^2 \cos \theta_1$$

Como sabemos que

$$(52) \quad \cos \theta_1 = 1 - e^2 + e^2 \cos \theta_0$$

Nos queda

$$(53) \quad \cos \theta_2 = 1 - e^4 + e^4 \cos \theta_0$$

De manera general, para el choque n-ésimo:

$$(54) \quad v_{n-1}^2 = 2gL(1 - \cos \theta_{n-1})$$

$$(55) \quad v_n = ev_{n-1}$$

$$(56) \quad v_n^2 = 2gL(1 - \cos \theta_n)$$

Haciendo cálculos de manera análoga:

$$(57) \quad \cos \theta_n = 1 - e^{2n} + e^{2n} \cos \theta_0$$

8.1.9 Estudio de la energía

Como vimos antes en (18):

$$(58) \quad E_0 = mgL(1 - \cos \theta_0)$$

Tras el primer choque alcanzará un ángulo θ_1 por tanto su energía será:

$$(59) \quad E_1 = mgL(1 - \cos \theta_1)$$

Vamos a ver la relación existente entre E_1 y E_0

$$(60) \quad \frac{E_0}{E_1} = \frac{mgL(1 - \cos \theta_0)}{mgL(1 - \cos \theta_1)}$$

Haciendo uso de (44) $\cos \theta_1 = 1 - e^2 + e^2 \cos \theta_0$ obtenemos:

$$(61) \quad \frac{E_0}{E_1} = \frac{(1 - \cos \theta_0)}{(1 - 1 + e^2 - e^2 \cos \theta_0)}$$

Simplificando y despejando E_1 :

$$(62) \quad E_1 = e^2 E_0$$

De manera análoga, en el segundo choque:

$$(63) \quad E_1 = mgL(1 - \cos \theta_1)$$

Tras el primer choque

$$(64) \quad E_2 = mgL(1 - \cos \theta_2)$$

Vamos a ver la relación existente entre E_2 y E_1

$$(65) \quad \frac{E_1}{E_2} = \frac{mgL(1 - \cos \theta_1)}{mgL(1 - \cos \theta_2)}$$

Haciendo uso de (51) $\cos \theta_2 = 1 - e^2 + e^2 \cos \theta_1$ obtenemos:

$$(66) \quad \frac{E_1}{E_2} = \frac{(1 - \cos \theta_1)}{(1 - 1 + e^2 - e^2 \cos \theta_1)}$$

Simplificando y despejando E_2 :

$$(67) \quad E_2 = e^2 E_1$$

Como $E_1 = e^2 E_0$ obtenemos:

$$(68) \quad E_2 = e^4 E_0$$

Para n choques y haciendo el mismo procedimiento obtendremos que

$$(69) \quad E_n = e^{2n} E_0$$

8.1.10 La Cuna de Newton²⁷



Imagen 8: Cuna de Newton

La Cuna de Newton es un dispositivo que demuestra la conservación de la energía y de la cantidad de movimiento. Está constituido por un conjunto de péndulos idénticos (normalmente cinco) colocados de tal modo que las bolas se encuentran perfectamente alineadas horizontalmente y justamente en contacto con sus adyacentes cuando están en reposo. Cada bola está suspendida de un marco por medio de dos hilos de igual longitud, inclinados al mismo ángulo en sentido contrario el uno con el otro. Esta

²⁷[26] https://en.wikipedia.org/wiki/Newton%27s_cradle

*disposición de los hilos de suspensión permite restringir el movimiento de las bolas en un mismo plano vertical*²⁸

Suponiendo que en la cuna de Newton las bolas son perfectamente rígidas, están en contacto, no hay pérdidas de energía y el choque es frontal, el momento, $p = mv$, y la energía se conservarán. Como consecuencia de ello, si lanzamos una cantidad de bolas desde un extremo a una velocidad v , tras el impacto, saldrán el mismo número de bolas que inicialmente a la misma velocidad v .

Demostración²⁹:

Conservación del momento

$$(70) \quad p = mv$$

$$(71) \quad p_i = p_f$$

Es decir:

$$(72) \quad m_1 v_1 = m_2 v_2$$

Donde m_1 es la masa de la bola 1; m_2 masa de la bola 2; v_1 velocidad bola 1; v_2 velocidad bola 2.

Conservación de la energía

La energía local de un sistema aislado se mantiene constante si no actúan fuerzas externas.

La energía cinética del movimiento de la bola/s supone un impacto que iguala la energía cinética de las bolas que dejan la fila en el otro extremo.

$$(73) \quad E_{cini} = E_{cinf}$$

$$(74) \quad \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

Si elevamos (72) al cuadrado y despejamos v_1^2 nos queda

$$(75) \quad v_1^2 = \frac{m_2 v_2^2}{m_1}$$

²⁸ Extracto del siguiente artículo:[27] https://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9ndulo_de_Newton

²⁹ [28] https://www.school-for-champions.com/science/newtons_cradle_derivation.htm

Si (75) lo sustituimos en (74) nos quedará

$$(76) \quad \frac{m_2}{m_1} = 1$$

Por tanto

$$(77) \quad m_1 = m_2$$

Como consecuencia, si sustituimos (77) en (74) :

$$(78) \quad v_1 = v_2$$

Un pensamiento erróneo es pensar que debido a que las bolas están en contacto, si hacemos impactar varias bolas a la vez desde un mismo lado, hará que sólo una bola salga por el otro extremo a una velocidad mayor. Esto violaría la conservación del momento y de la energía.

Otra forma de estudiar la cuna de Newton es asumiendo que hay una pequeña separación entre las bolas incluso si a primera vista no lo apreciamos. Vamos a suponer cinco bolas de la misma masa, tamaño, rígidas y sin pérdida de energía:

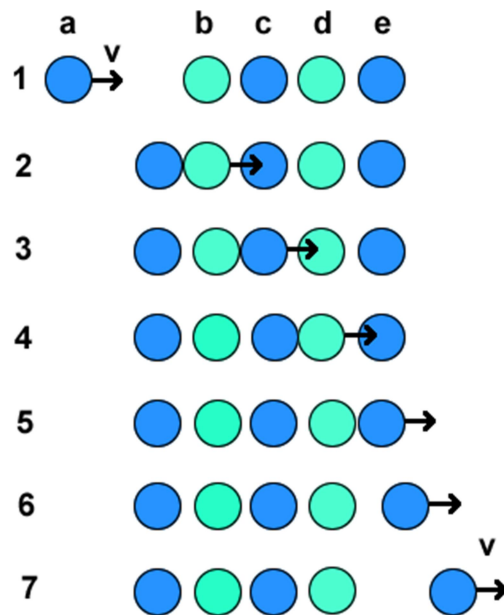


Imagen 9³⁰: Explicación cuna Newton para una bola.

³⁰ [29] https://www.school-for-champions.com/science/images/newtons_cradle_derivation_one_ball.gif

En 1) a se mueve con una velocidad v

En 2) a choca contra b conservándose el momento lineal y haciendo que ésta adquiriera la velocidad que tenía a . a se queda estacionaria.

En 3) b choca contra c conservándose el momento lineal y haciendo que ésta adquiriera la velocidad que tenía b . b se queda estacionaria.

En 4) c choca contra d conservándose el momento lineal y haciendo que ésta adquiriera la velocidad que tenía c . c se queda estacionaria.

En 5) d choca contra e conservándose el momento lineal y haciendo que ésta adquiriera la velocidad que tenía d . d se queda estacionaria.

En 6) y 7) vemos que e no tiene con quien chocar, por lo que continuará el movimiento con velocidad v que es la que tenía a al principio en 1)

La cuna de Newton para dos bolas:

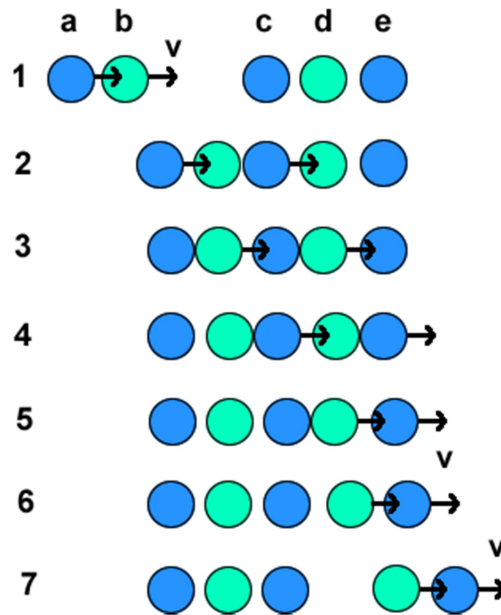


Imagen 10: Explicación cuna Newton para dos bolas.³¹

³¹ [30] https://www.school-for-champions.com/science/images/newtons_cradle_derivation_two_balls.gif

En 1) podemos apreciar que a y b tienen una velocidad v cada una.

En 2) vemos que la primera bola en tomar contacto es b que le cede su velocidad a c . b se queda estacionaria y a continua su acercamiento hacia b .

En 3) vemos que a transfiere su velocidad a b . a se queda estacionaria. También c le cede su velocidad a d . c se queda estacionaria.

En 4) b transfiere su velocidad a c y d a e . b y d se quedan estacionarias.

En 5) vemos que e no tiene a quien transferir su velocidad así que continua su movimiento. c transfiere su velocidad a d y c se queda estacionaria.

En 6) y 7) vemos que d y e tienen velocidad v y como no tienen a quien cederle su energía continúan con su movimiento.

Con tres bolas se solucionaría de manera análoga, solo que la bola central no tendría a quién traspasarle el movimiento suponiendo que estamos en el paso 6) de la imagen 10, por tanto continuará con su velocidad v .

8.2 Material³²:



Imagen 12: Cartulina Blanca

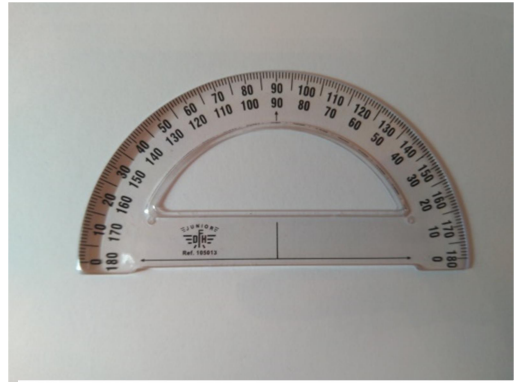


Imagen 11: Transportador de ángulos



Imagen 13: Cola de contacto



Imagen 14: Cola Blanca



Imagen 15: Rotulador permanente azul/negro



Imagen 16: Tijeras

³² Todas las imágenes que no están referenciadas a páginas web han sido realizadas por autor de este trabajo.

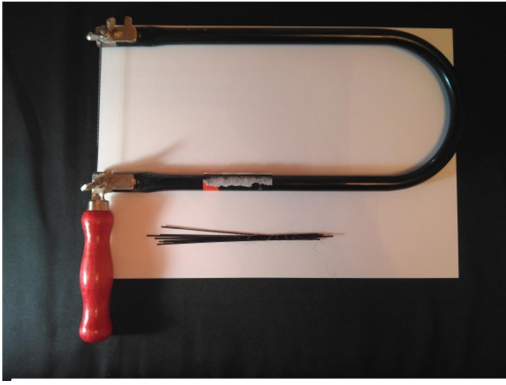


Imagen 17: Segueta

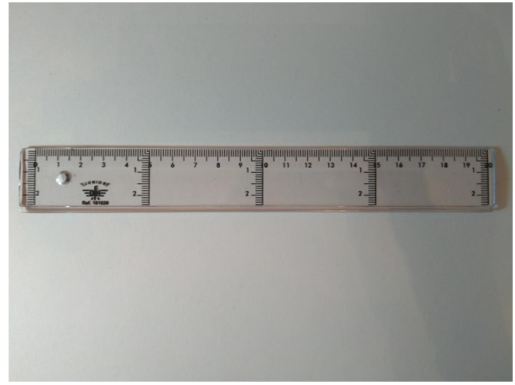


Imagen 18: Regla



Imagen 19: Cuna de Newton



Imagen 20: Tabla de madera de balsa

8.3 Construcción

Vamos a construir una base donde apoyar los transportadores de ángulos para poder medir los ángulos de las bolas del péndulo de Newton.

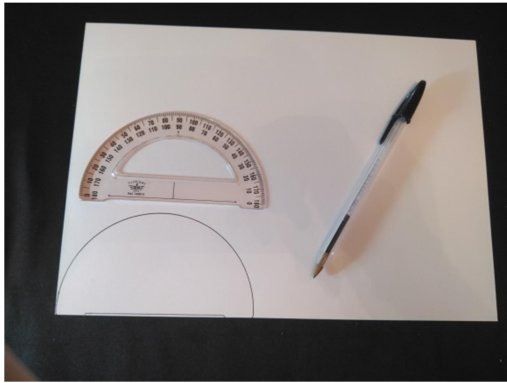


Imagen 21: Paso uno

Paso uno: Dibujar la silueta de los dos transportadores de ángulos en la cartulina y recortarlos. Recortar también la parte baja del transporta ángulos.

Paso dos: Una vez recortados con cola blanca (usamos cola blanca el lugar de cola de contacto para cuidar la estética) pegamos los transportadores de ángulos. Puedes saltarte los pasos uno y dos si imprimes en cartulina un transportador de ángulos.



Imagen 22: Paso dos a)



Imagen 23: Paso dos b)

Paso tres: cortar 15 cm de la tabla de madera de balsa con la ayuda de la segueta. Para ello marcamos el corte con un bolígrafo y seguimos la línea con la segueta. No es necesario que tengamos mucha precisión en el corte.

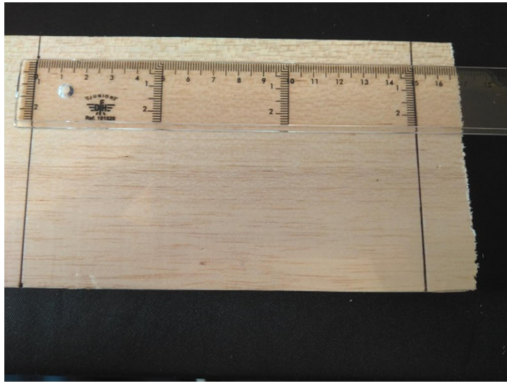


Imagen 24: Paso tres

Paso cuatro: Una vez obtenida la tabla de 15 cm, medimos la distancia que hay entre los sucesivos nudos del péndulo de Newton. En nuestro péndulo la distancia entre nudos es de 1.6 cm. Vamos a cortar unos prismas de madera de altura 15 cm y de grosor 2 cm, de tal

manera que al colocar el centro encima de los nudos, haya 1 cm por cada lado y que no toque el siguiente nudo. Para ello medimos con la regla, trazamos líneas paralelas y recortamos con la segueta.

el siguiente nudo. Para ello medimos con la regla, trazamos líneas paralelas y recortamos con la segueta.

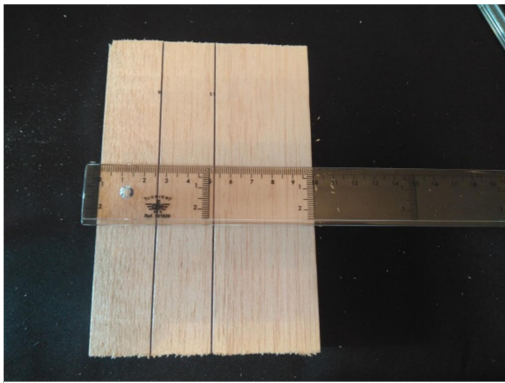


Imagen 26: Paso cuatro

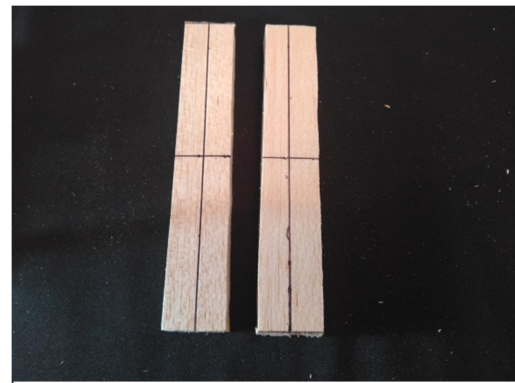


Imagen 25: Paso cinco a)

Paso cinco: Una vez cortadas los prismas de madera, vamos a marcar el centro del prisma con ayuda de la regla haciendo líneas paralelas respecto de los lados.

Una vez hecho vamos a hacer unos surcos en el lado largo para así evitar que cuando la tabla esté apoyada encima de los nudos tenga algún tipo de inclinación.

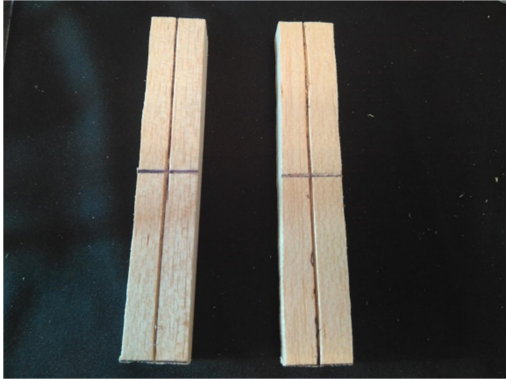


Imagen 28: Paso cinco b)

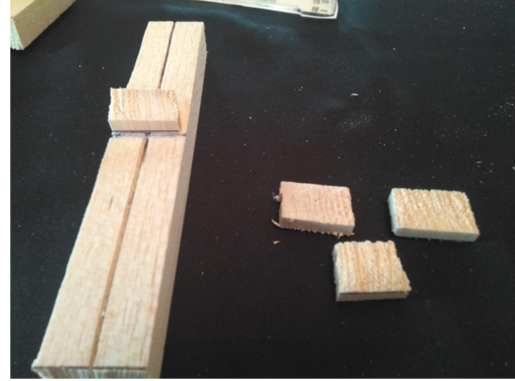


Imagen 27: Paso seis a)



Imagen 29: Paso seis b)

Paso seis: Cortamos piezas pequeñas que van a ayudar a sostener perpendicularmente el transportador de ángulos. Cada una de las cuatro piezas mide aproximadamente 1.5x1.5x0.5cm.

Pegaremos una de las piezas por su lado estrecho a la madera con cola de contacto. Haremos esto con las dos tablillas.

Paso siete: Una vez seco vamos a hacer coincidir la línea recta del transportador de ángulos con el surco que trazamos anteriormente y pegamos el transportador de ángulos al trocito de madera que pegamos previamente y por la parte frontal ponemos el otro trocito para que quede bien fijo. Hacer lo mismo con el otro transportador. Dejar secar.



Imagen 31: Paso siete a)



Imagen 30: Paso siete b)

Paso 8: Si se intenta grabar con los hilos tal cual vienen de fábrica no se va a poder apreciar bien el contraste dados que son hilos transparentes como de pescar. Para que podamos apreciar bien los hilos con el transportador de ángulos vamos a pintar los hilos con el rotulador permanente haciendo mayor contraste con el blanco de la cartulina.



Imagen 33: Paso ocho

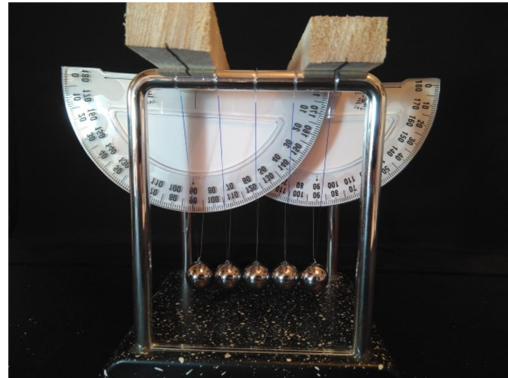


Imagen 32: Medidores de ángulos montados.

Una vez seco tendremos los instrumentos necesarios para poder medir los ángulos de las bolas incidentes e impulsadas. El porta ángulos que pusimos al revés irá en la parte izquierda.

Nótese que para hacer los cálculos tendremos que hacer la siguiente cuenta:
 $\theta = 90^\circ - \alpha$ donde θ es el ángulo que usaremos para hacer los cálculos y α el que leeremos en los transportadores de ángulos.

9. Guión para los alumnos

A continuación se expone el guión que recibirán los alumnos para la realización de la práctica:

La física de la Cuna de Newton

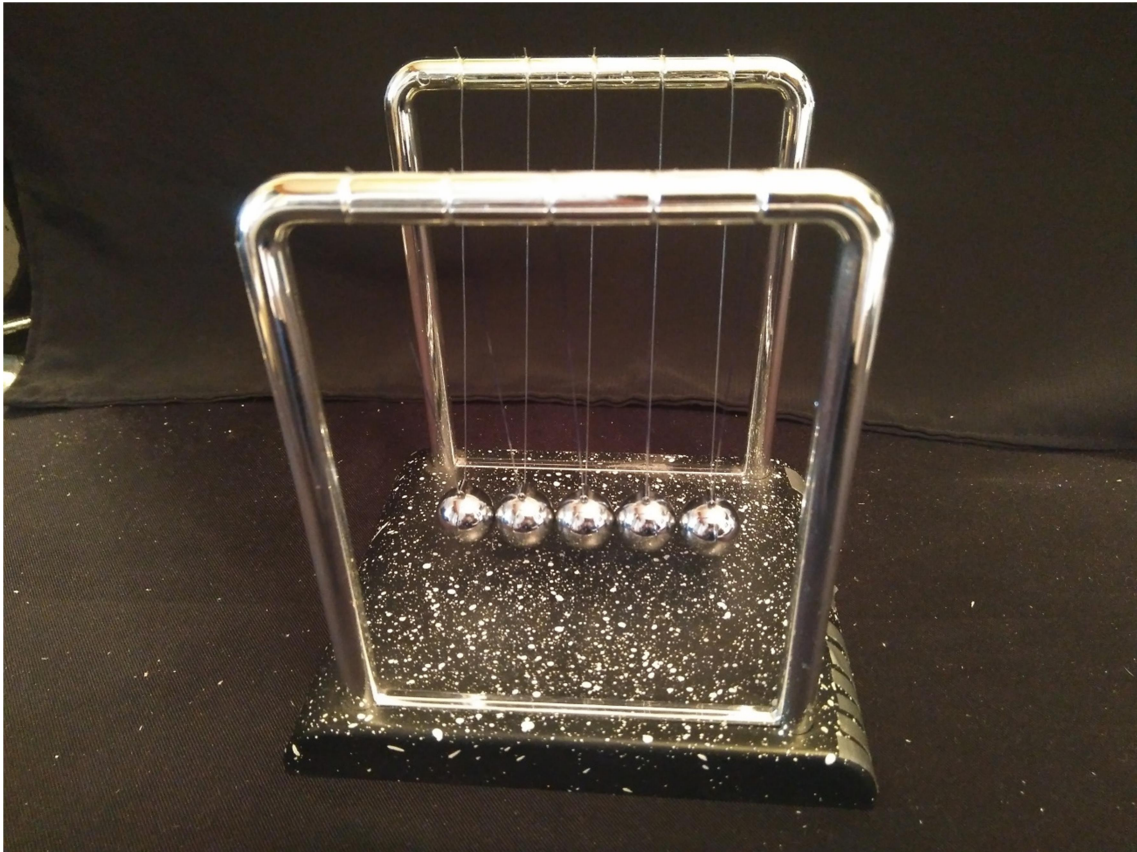


Imagen 34: Portada guión

Práctica para primero de bachillerato

Instituto: IES Parquesol³³

Profesor: Elías Muñoz Olmo

³³ Instituto donde el autor realizó las prácticas del máster

9.1 Introducción

La cuna de Newton o *Newton's cradle* en inglés, es un conocido y muy llamativo juguete de escritorio con el que todo el mundo en algún momento de su vida ha jugado y maravillado con el comportamiento del mismo. Fue Simon Prebbl quien creó la conocida cuna de Newton en 1967. El porqué de este nombre radica en un motivo comercial haciendo uso de la fama del conocidísimo científico del s XVII. Gracias a este juguete podemos estudiar y comprobar muchos fenómenos físicos como veremos a continuación.

9.1 Fundamento teórico³⁴

- Péndulo simple
- Sistema aislado
- Choques
- Conservación del momento
- Conservación de la energía
- Demostraciones
 - Velocidad
 - Tensión máxima y mínima
 - Energía y dependencia con el golpe n-ésimo
 - Ángulo tras el golpe n-ésimo
 - Dependencia del momento y energía a la vez

9.3 Procedimiento

Para realizar esta práctica hay que medir la masa de las bolas así como hacer un cálculo para poder tratar el péndulo como si sólo estuviera colgado de un hilo. Para ello hay que medir la longitud de los dos hilos desde la bola hasta donde está anclado así como el ángulo que forma entre los hilos. Haciendo uso de la trigonometría se puede calcular la altura de ese triángulo isósceles tomando como base la línea imaginaria entre los dos nudos de anclaje para crear un triángulo.

³⁴ Sería el mismo fundamento teórico expuesto anteriormente en el apartado que encontramos dentro de Experiencia de laboratorio

Obtener los ángulos que alcanza el péndulo y tratar los datos de esta práctica no es trivial. Para conseguirlo con éxito haremos uso de las nuevas tecnologías y ordenadores así como de instrumentación convencional y un poco de paciencia.

Para ello traeremos los *SmartPhones* a todas las sesiones que dura esta experiencia así como un cable USB para poder pasar los videos al PC. Normalmente la cámara graba a 30 fps (*frames per second: la velocidad a la cual un dispositivo muestra imágenes llamadas cuadros o fotogramas*³⁵) cosa que es suficiente para ver videos para nuestros ojos³⁶ pero para poder medir los ángulos se necesita grabar a cámara lenta. Para ello, comprobaremos si nuestro móvil trae por defecto una función de la cámara permita a grabar en cámara lenta a 120 fps Si la cámara no grabase a esa velocidad, haríamos el video con la máxima calidad posible y así poder modificar la velocidad del video gracias al programa de reproducción de video gratuito VLC Media Player. En caso contrario nos descargaríamos una aplicación llamada “Cámara HD profesional 4k” desarrollada por “Vernumx” para poder grabar en calidad 1080.

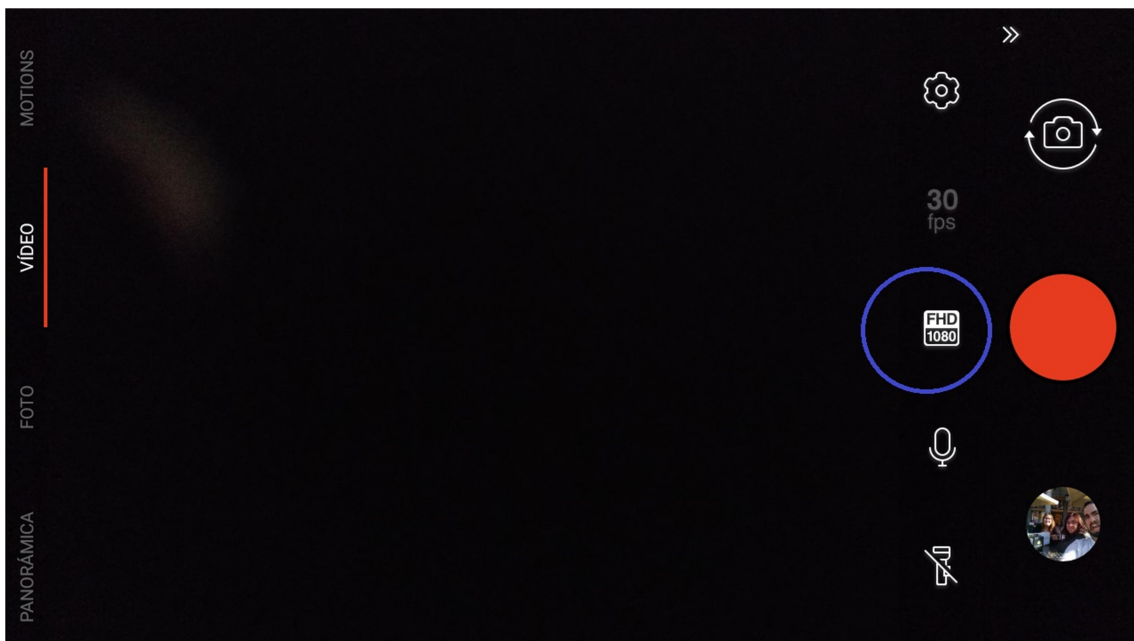


Imagen 35: Video a 1080 para grabar a alta calidad.

³⁵ [31] https://es.wikipedia.org/wiki/Fotogramas_por_segundo

³⁶ La interfaz entre el cerebro y la visión del ser humano puede procesar de 10 a 12 imágenes separadas por segundo, percibiéndolas individualmente.

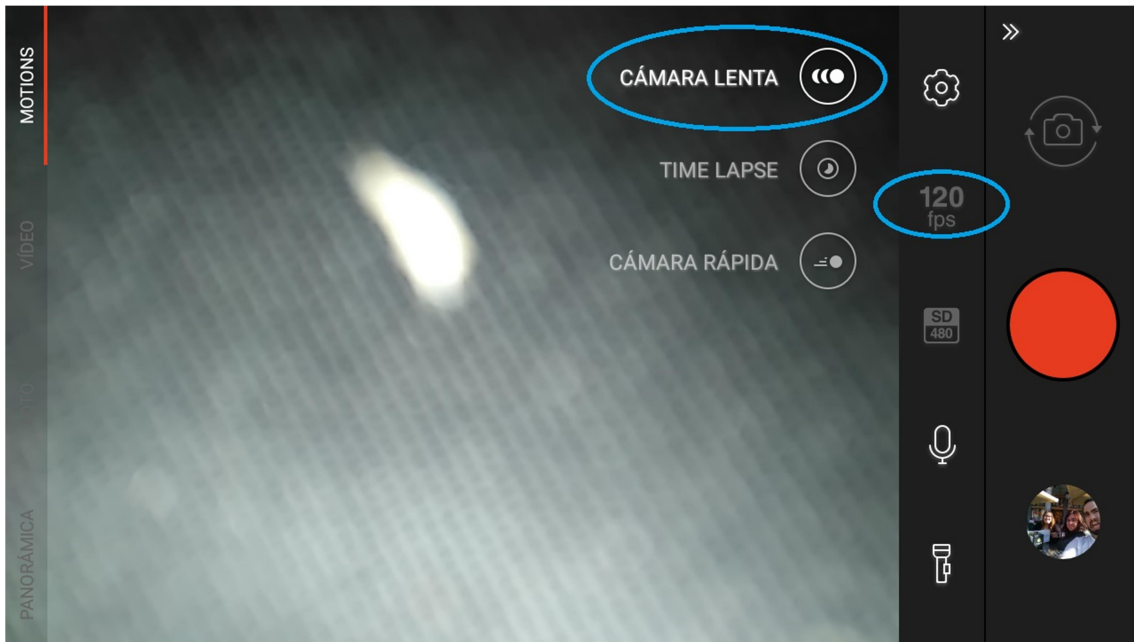


Imagen 36: Captura de pantalla para grabar a cámara lenta a 120 fps.

Vamos a hacer la práctica estudiando sólo el choque entre dos bolas. Para ello colocaremos el transportador de ángulos como muestra la siguiente imagen y el teléfono móvil sobre un soporte para evitar que se mueva. Enfocaremos la cámara de tal manera que los dos hilos del péndulo que queremos medir y la marca de 90° del transportador de ángulos coincidan.



Imagen 37: Los hilos del péndulo coinciden entre sí y con el ángulo de 90°

En la imagen anterior se puede apreciar que los hilos del péndulo izquierdo coinciden entre sí junto con el ángulo de 90° del transportador de ángulos.

Gracias a la disposición del transportador de ángulos, a la cámara lenta del teléfono móvil y al reproductor de vídeo, podremos ver los ángulos que el péndulo ha alcanzado tras los sucesivos impactos. Se realizarán tres grabaciones por cada uno de los tres ángulos que se han elegido para así poder ser más rigurosos a la hora de tratar los datos.

Tras conseguir grabar de manera correcta, pasaremos los videos al PC y con la ayuda del VLC disminuirémos la velocidad de la grabación y mediremos el ángulo alcanzado tras los sucesivos impactos de las bolas. Para ello abriremos el archivo en VLC e iremos a la pestaña de “Reproducción → Velocidad → Más lento” y le daremos varias veces hasta que se pueda apreciar bien qué ángulo alcanza el péndulo. Pararemos el programa con la tecla “espacio” para así poder hacer bien la medida. Es recomendable hacer capturas de pantalla para poder después incluirlas en el informe

En una tabla en Excel o en Libre Office pondremos el número del impacto que será $2n$ debido a que estamos midiendo sólo los impactos pares de los péndulos. En la tabla se pondrá el ángulo inicial y los ángulos tras los sucesivos impactos. Nótese que el ángulo leído en el transportador de ángulos no es el que alcanza el péndulo. Para ver el ángulo real tendremos que hacer la siguiente transformación: $\alpha = 90^\circ - \theta$ donde α es el ángulo real y θ el ángulo leído en el transportador de ángulos.

En la hoja de cálculo también calcularemos la velocidad máxima alcanzada antes de cada impacto, la tensión máxima, la Energía tras los sucesivos impactos así como el coeficiente de restitución. Comprobar de qué manera hay que introducir los ángulos, si en grados o en radianes, a la hora de trabajar con funciones trigonométricas si se diese el caso se recomienda que se haga previamente la transformación de los mismos.

9.4 Sesiones

Esta experiencia se va a llevar a cabo en cinco sesiones:

La primera sesión se realizará en el aula donde se explicará en qué consiste la práctica, objetivos a lograr, se formarán los grupos de trabajo, se establecerá la fecha de

presentación y entrega del informe y se recordarán y ampliarán los conocimientos necesarios para llevar a cabo la experiencia.

En la segunda sesión se les pedirá a los alumnos que se traigan el móvil y un cable USB para volcar los videos al PC. Se llevará a cabo en el aula TIC donde se les explicará cómo tienen que usar el teléfono móvil para poder grabar a cámara lenta, a gran calidad o si se diese el caso descargarse la aplicación gratuita antes citada así como descargar VLC Media Player en los ordenadores. Si no hubiera programa ofimático se descargaría y se les mostraría cómo tratar los datos obtenidos. Es recomendable que se compruebe que hay suficiente memoria en los dispositivos.

La tercera sesión se llevará a cabo en el laboratorio donde, gracias a los teléfonos móviles, podrán grabar a cámara lenta y gran calidad para en la sesión siguiente poder guardar y tratar los datos necesarios. La práctica se realizará con sólo dos de las cinco bolas que trae normalmente la cuna de Newton. Se realizarán tres grabaciones por cada uno de los tres ángulos diferentes que se han elegido para así, poder ser más rigurosos a la hora de tratar los datos. Después se realizará la práctica con dos bolas y con sólo un ángulo elegido pero añadiendo un trocito de cinta americana/aislante en el punto de contacto con la siguiente bola para observar el comportamiento y medir de nuevo el coeficiente de restitución. Hacer diferentes experimentos usando dos, tres y cuatro bolas inicialmente bajo diferentes circunstancias para observar qué fenómenos ocurren.

En la cuarta sesión se volcarán los videos al ordenador y con la ayuda del reproductor de video y de los programas ofimáticos se podrán capturar los datos y hacer los cálculos pertinentes. Si fuese necesario repetir alguna medida el profesor llevará un set para que se pueda realizar de nuevo la medida de las mismas.

En esta última sesión se hará una presentación de grupo que en total tendrá una duración de 5 minutos. Al final de la misma el profesor hará una pregunta al grupo un poco más difícil referente al péndulo para comprobar que se han adquirido y comprendido los conocimientos.

9.5 Evaluación³⁷

En este apartado se informará a los alumnos de los aspectos que se tendrán en cuenta a la hora de evaluar esta experiencia completa:

- Trabajo en equipo
- Manejo en el laboratorio y tratamiento de datos
- Exposición oral
- Informe de laboratorio

³⁷ Sería el mismo apartado 7.1.4 Evaluación que encontramos dentro de aspectos docentes y didácticos.

9.6 Bibliografía/Webgrafía

Programas

[8]

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hd_camera_dslr.hd_camcorders

[9] <https://vlc-media-player.uptodown.com/windows>

[10] <https://products.office.com/es-es/excel>

[11] <https://es.libreoffice.org/>

Fundamento teórico

[12] <https://science.howstuffworks.com/innovation/inventions/newtons-cradle.htm>

[13] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/newt.html>

[14] https://es.wikipedia.org/wiki/Leyes_de_Newton

[15] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/conser.html>

[16] https://es.wikipedia.org/wiki/Cantidad_de_movimiento

[17] https://es.wikipedia.org/wiki/Conservaci%C3%B3n_de_la_energ%C3%ADa

[18] <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/trabajo/pendulo/pendulo.htm>

[20] http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/con_mlineal/esferas/esferas.htm

[21] http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/con_mlineal/esferas/esferas.htm

[22] https://es.wikipedia.org/wiki/Choque_el%C3%A1stico

[23] https://es.wikipedia.org/wiki/Choque_inel%C3%A1stico

[26] https://en.wikipedia.org/wiki/Newton%27s_cradle

[27] https://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9ndulo_de_Newton

[28] https://www.school-for-champions.com/science/newtons_cradle_derivation.htm

[31] https://es.wikipedia.org/wiki/Fotogramas_por_segundo

10. Datos, resultados y conclusiones

A continuación se muestran en las siguientes tablas³⁸ los resultados obtenidos tras haber realizado tres veces las medidas y cálculos para tres ángulos diferentes. He considerado que $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, que la masa de cada una de las esferas de $m = 0.005 \text{ kg}$, que la longitud del hilo es $L = 0.094 \text{ m}$. Leeremos los ángulos gracias al reproductor de video VLC como muestra la siguiente imagen:

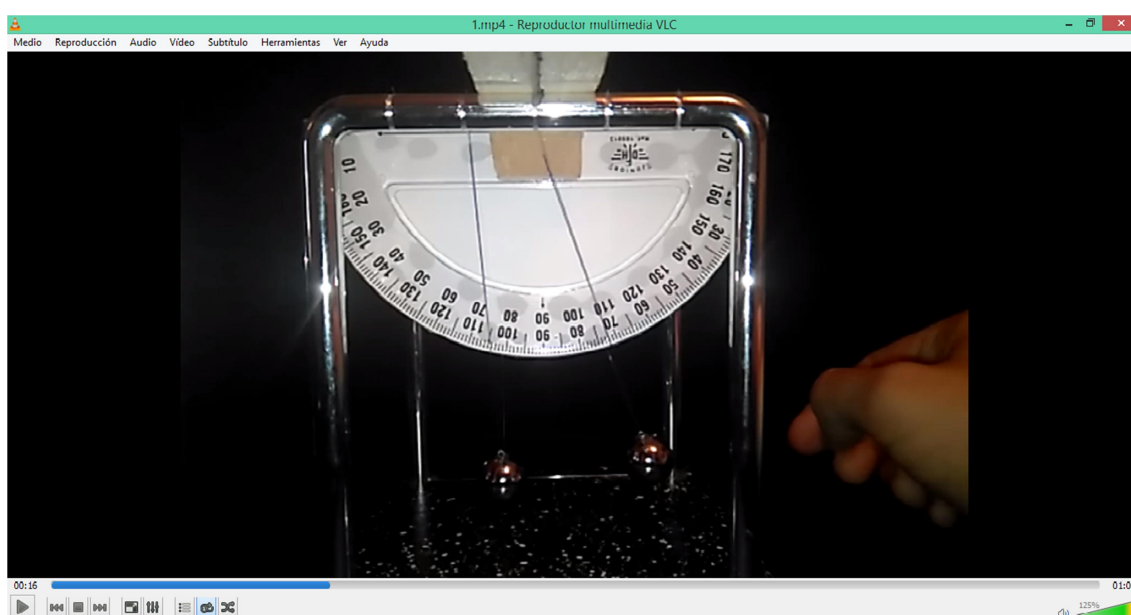


Imagen 38: Uso del reproductor de vídeo para obtener los ángulos tras los impactos

10.1 Ángulo de 20°

Tras los sucesivos choques representados por n , el péndulo ha alcanzado los siguientes ángulos:

³⁸ La incertidumbre de las medidas es menor que las mostradas en las siguientes tablas.

n	Ángulo real (°)	Ángulo real (°)	Ángulo real (°)
0	20	20	20
2	20	20	20
4	19	20	20
6	18	19	19
8	17	18	19
10	17	18	18
12	16	17	18
14	16	17	17
16	15	16	17
18	15	16	17
20	15	16	17

Tabla 9: Ángulos máximos alcanzados tras los sucesivos impactos para 20°

El programa que se ha usado para realizar los cálculos es Excel de Microsoft Office. En ella las funciones trigonométricas usan los ángulos en radianes por tanto para hacer los cálculos hemos tenido que transformar previamente los grados a radianes.

Usando las ecuaciones de la tensión máxima (10), velocidad máxima (56), el coeficiente de restitución despejando e de la ecuación (57) y energía (69) y haciendo uso de la hoja de cálculo.

Tensión

Vemos que conforme se realizan los sucesivos choques, la tensión que tiene que realizar el hilo para sostener la bola del péndulo, como es lógico, va disminuyendo.

n	Tensión 1(N)	Tensión 2(N)	Tensión 3(N)
0	0,05497	0,05497	0,05497
2	0,05497	0,05497	0,05497
4	0,05439	0,05497	0,05497
6	0,05385	0,05439	0,05439
8	0,05334	0,05385	0,05439
10	0,05334	0,05385	0,05385
12	0,05285	0,05334	0,05385
14	0,05285	0,05334	0,05334
16	0,05239	0,05285	0,05334
18	0,05239	0,05285	0,05334
20	0,05239	0,05285	0,05334

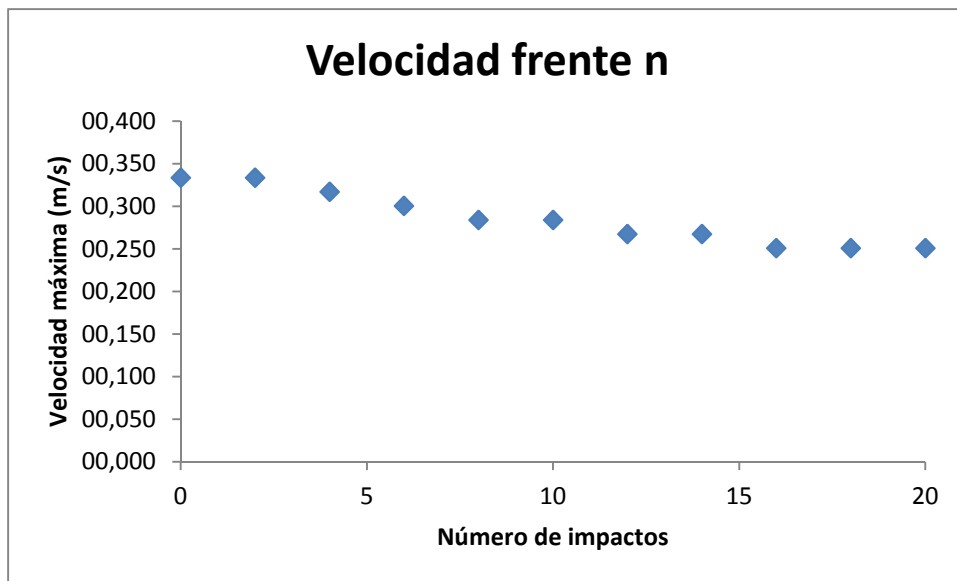
Tabla 10: Tensión máxima para 20°

Velocidad

Como es de esperar tras los sucesivos impactos, la velocidad así como la energía que veremos en el siguiente apartado va disminuyendo como podemos ver en la tabla y en la correspondiente gráfica.

n	Velocidad 1(m/s)	Velocidad 2(m/s)	Velocidad 3(m/s)
0	0,3335	0,3335	0,3335
2	0,3335	0,3335	0,3335
4	0,3170	0,3335	0,3335
6	0,3004	0,3170	0,3170
8	0,2839	0,3004	0,3170
10	0,2839	0,3004	0,3004
12	0,2673	0,2839	0,3004
14	0,2673	0,2839	0,2839
16	0,2507	0,2673	0,2839
18	0,2507	0,2673	0,2839
20	0,2507	0,2673	0,2839

Tabla 11: Velocidad máxima alcanzada para 20^º



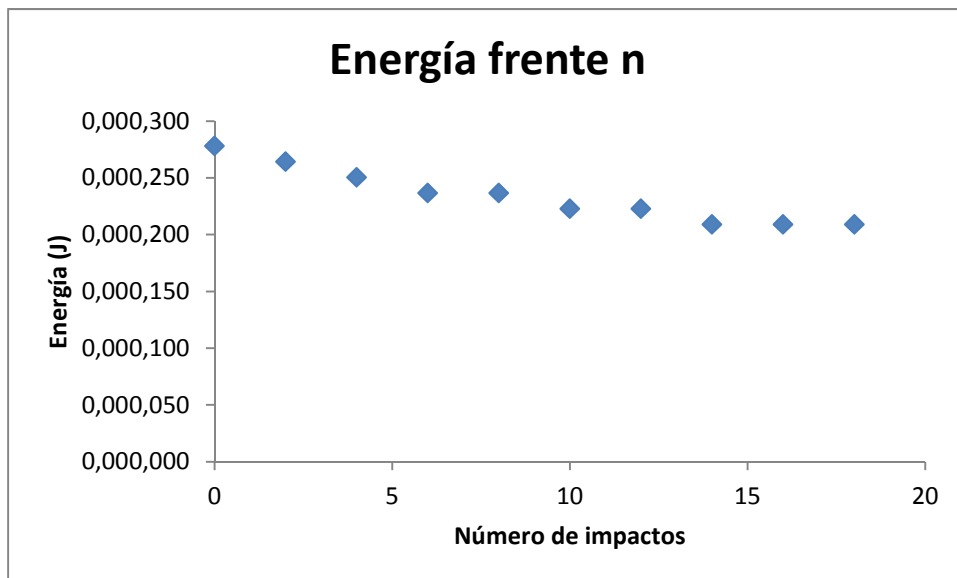
Gráfica 1: Velocidad 1 frente el número de impactos para 20^º

Energía

Tras los continuados choques, la energía además de transferirse a la otra bola, se transforma en calor así como en energía que genera ondas sonoras. De esta manera la energía que se mantiene en el péndulo en sí mismo tiene que ir disminuyendo como comprobamos en la siguiente tabla y en su correspondiente gráfica:

n	Energía 1(J)	Energía 2(J)	Energía 3(J)
0	0,000278	0,000278	0,000278
2	0,000264	0,000278	0,000278
4	0,000250	0,000264	0,000264
6	0,000237	0,000250	0,000264
8	0,000237	0,000250	0,000250
10	0,000223	0,000237	0,000250
12	0,000223	0,000237	0,000237
14	0,000209	0,000223	0,000237
16	0,000209	0,000223	0,000237
18	0,000209	0,000223	0,000237

Tabla 12: Energía tras los sucesivos impactos para 20º



Gráfica 2: Energía 1 frente al número de impactos para 20º

Coeficiente de restitución

Haciendo las medias entre todos los valores en cada una de las repeticiones para 20º el coeficiente de restitución que obtenemos es el siguiente:

$$e_{20^\circ} = 0,978$$

10.2 Ángulo de 30º

De manera análoga y sacando conclusiones similares obtenemos

n	Ángulo real 1(º)	Ángulo real 2(º)	Ángulo real 3(º)
0	30	30	30
2	28	27	26
4	27	27	25
6	27	26	25
8	26	25	25
10	26	25	24
12	25	24	23
14	24	23	22
16	24	22	22
18	23	21	21
20	22	20	21

Tabla 13: Ángulos máximos alcanzados tras los sucesivos impactos para 30º

Tensión

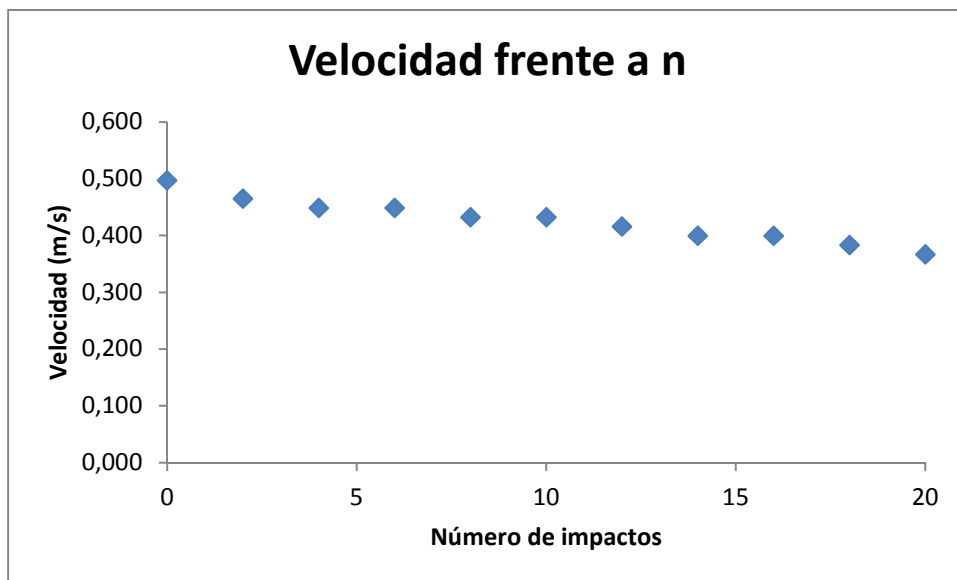
n	Tensión 1(N)	Tensión 2(N)	Tensión 3(N)
0	0,0622	0,0622	0,0622
2	0,0605	0,0597	0,0590
4	0,0597	0,0597	0,0582
6	0,0597	0,0590	0,0582
8	0,0590	0,0582	0,0582
10	0,0590	0,0582	0,0575
12	0,0582	0,0575	0,0568
14	0,0575	0,0568	0,0562
16	0,0575	0,0562	0,0562
18	0,0568	0,0556	0,0556
20	0,0562	0,0550	0,0556

Tabla 14 Tensión máxima para 30º

Velocidad

n	Velocidad 1(m/s)	Velocidad 2(m/s)	Velocidad 3(m/s)
0	0,497	0,497	0,497
2	0,465	0,448	0,432
4	0,448	0,448	0,416
6	0,448	0,432	0,416
8	0,432	0,416	0,416
10	0,432	0,416	0,399
12	0,416	0,399	0,383
14	0,399	0,383	0,366
16	0,399	0,366	0,366
18	0,383	0,350	0,350
20	0,366	0,334	0,350

Tabla 15: Velocidad máxima alcanzada para 30°

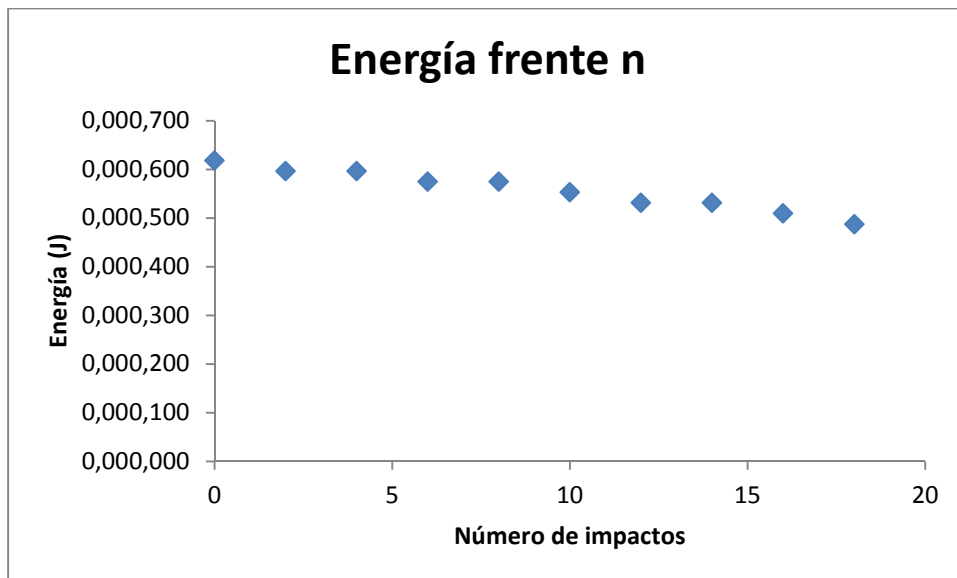


Gráfica 3: Velocidad 1 frente al número de impactos para 30°

Energía

n	Energía 1(J)	Energía 2(J)	Energía 3(J)
0	0,000618	0,000618	0,000618
2	0,000596	0,000618	0,000594
4	0,000596	0,000595	0,000594
6	0,000574	0,000573	0,000594
8	0,000574	0,000573	0,000571
10	0,000553	0,000550	0,000547
12	0,000531	0,000528	0,000524
14	0,000531	0,000505	0,000524
16	0,000509	0,000482	0,000500
18	0,000487	0,000459	0,000500

Tabla 16: Energía tras los sucesivos impactos para 30°



Gráfica 4: Energía 1 frente al número de impactos para 30°

Coefficiente de restitución

$$e_{3 \ 0^\circ} = 0,965$$

10.3 Ángulo de 40°

De manera análoga y sacando conclusiones similares obtenemos

n	Ángulo real 1(°)	Ángulo real 2(°)	Ángulo real 3(°)
0	40	40	50
2	36	36	54
4	35	35	55
6	34	35	55
8	34	34	56
10	33	33	57
12	32	32	58
14	31	31	59
16	30	31	59
18	30	30	60
20	29	28	62

Tabla 17: Ángulos máximos alcanzados tras los sucesivos impactos para 40°

Tensión

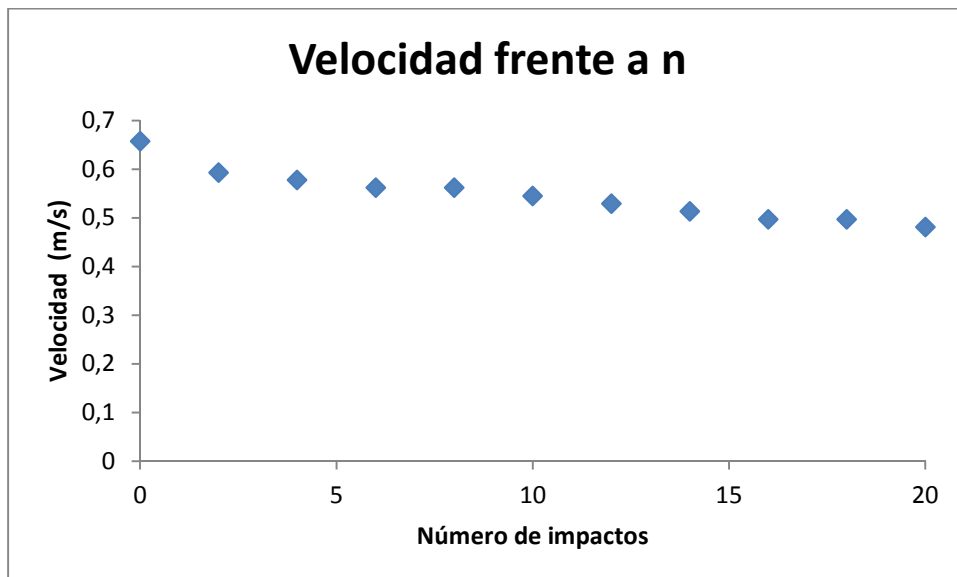
n	Tensión 1(N)	Tensión 2(N)	Tensión 3(N)
0	0,0720	0,0720	0,0720
2	0,0678	0,0678	0,0688
4	0,0668	0,0668	0,0678
6	0,0658	0,0668	0,0668
8	0,0658	0,0658	0,0668
10	0,0649	0,0649	0,0658
12	0,0640	0,0640	0,0649
14	0,0631	0,0631	0,0640
16	0,0622	0,0631	0,0631
18	0,0622	0,0622	0,0622
20	0,0613	0,0605	0,0605

Tabla 18: Tensión máxima para 40°

Velocidad

n	Velocidad 1(m/s)	Velocidad 2(m/s)	Velocidad 3(m/s)
0	0,657	0,657	0,657
2	0,593	0,593	0,609
4	0,578	0,578	0,593
6	0,562	0,578	0,578
8	0,562	0,562	0,578
10	0,545	0,545	0,562
12	0,529	0,529	0,545
14	0,513	0,513	0,529
16	0,497	0,513	0,513
18	0,497	0,497	0,497
20	0,481	0,465	0,465

Tabla 19: Velocidad máxima alcanzada para 40º

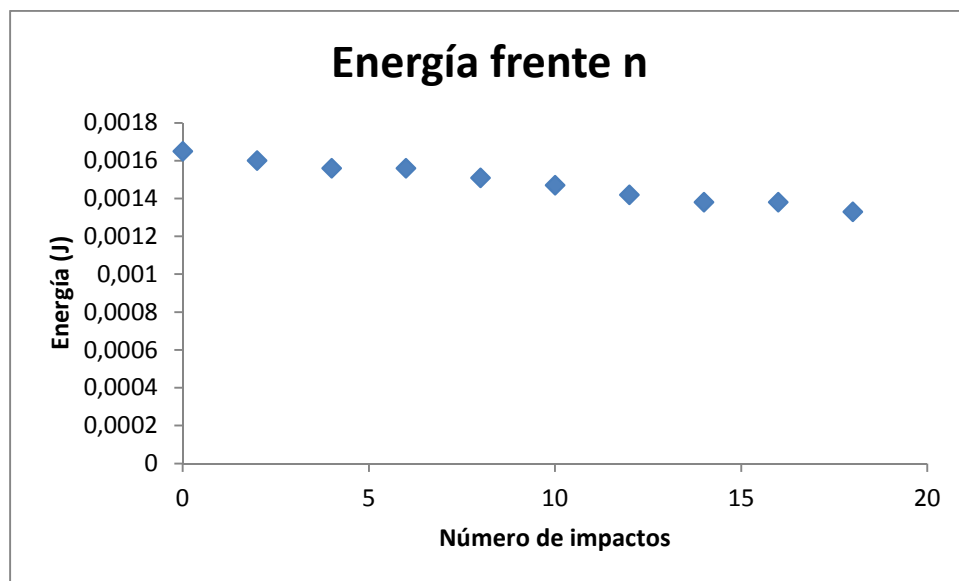


Gráfica 5: Velocidad 1 frente al número de impactos para 40º

Energía

n	Energía 1(J)	Energía 2(J)	Energía 3(J)
0	0,00165	0,00165	0,00165
2	0,00160	0,00160	0,00160
4	0,00156	0,00160	0,00156
6	0,00156	0,00156	0,00156
8	0,00151	0,00151	0,00152
10	0,00147	0,00147	0,00147
12	0,00142	0,00142	0,00143
14	0,00138	0,00142	0,00139
16	0,00138	0,00138	0,00134
18	0,00133	0,00129	0,00126

Tabla 20: Energía tras los sucesivos impactos para 40°



Gráfica 6: Energía 1 frente al número de impactos para 40°

Coefficiente de restitución

$$e_{40^\circ} = 0,967$$

10.4 Cinta aislante

En este caso se colocará un tozo de cinta aislante americana en el punto de contacto de las bolas. Este caso se ha realizado tres veces con un ángulo inicial de 20°. Se consideran los mismos valores que en las medidas anteriores.

Ángulos

n	Ángulo real (°)	Ángulo real (°)	Ángulo real (°)
0	20	20	20
1	14	14	15
2	11	10	9
3	8	7	7

Tabla 21: Ángulos máximos alcanzados tras los sucesivos impactos con cinta aislante

Tensión máxima

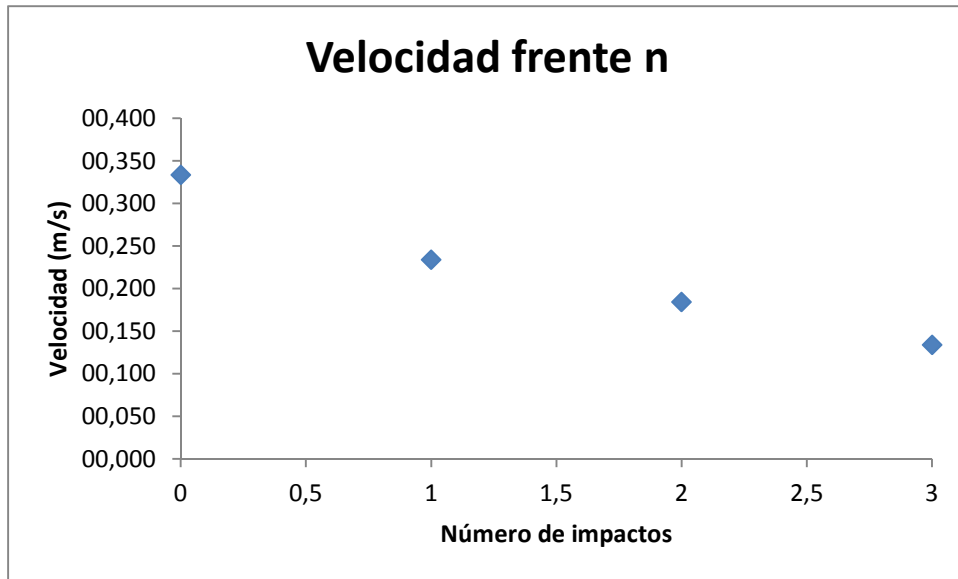
n	Tensión 1(N)	Tensión 2(N)	Tensión 3(N)
0	0,054966	0,054966	0,054966
1	0,051964	0,051964	0,052393
2	0,050852	0,050540	0,050258
3	0,050005	0,049781	0,049781

Tabla 22: Tensión máxima con cinta aislante

Velocidad máxima

n	Velocidad 1(m/s)	Velocidad 2(m/s)	Velocidad 3(m/s)
0	0,3335	0,3335	0,3335
1	0,2341	0,2341	0,2507
2	0,1841	0,1674	0,1507
3	0,1340	0,1172	0,1172

Tabla 23: Velocidad máxima alcanzada con cinta aislante

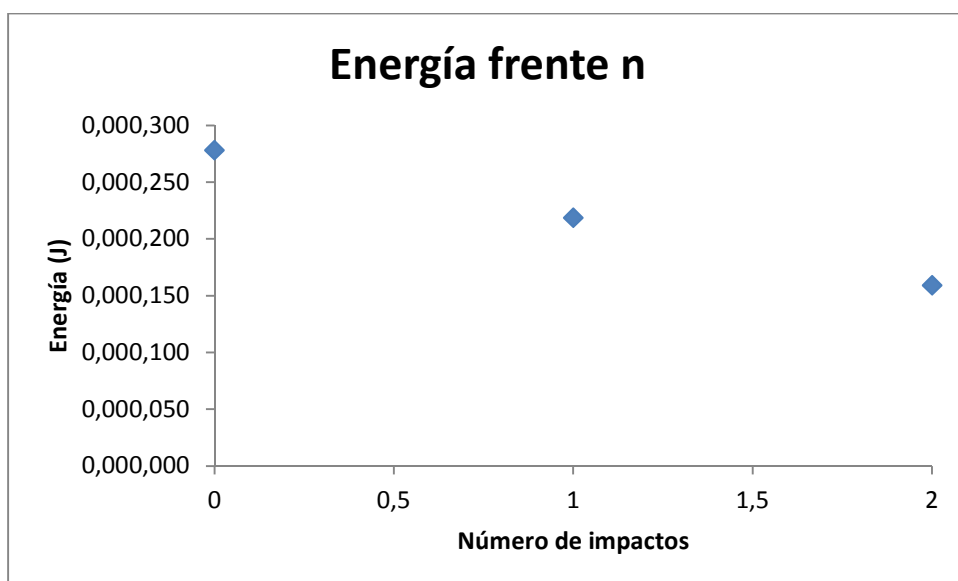


Gráfica 7: Velocidad 1 frente al número de impactos con cinta aislante

Energía

n	Energía 1(J)	Energía 2(J)	Energía 3(J)
0	0,000278	0,000278	0,000278
1	0,000219	0,000199	0,000167
2	0,000159	0,000139	0,000130
3	0,001613	0,001613	0,001506

Tabla 24: Energía tras los sucesivos impactos con cinta aislante



Gráfica 8: Energía 1 frente al número de impactos con cinta aislante

Coefficiente de restitución

$$e_{aislante} = 0,718$$

Como podemos apreciar, debido a que el coeficiente de restitución es menor, la velocidad y la energía disminuyen más rápido que en los casos anteriores.

10.5 Conclusiones

Como podemos observar en los para diferentes ángulos el coeficiente de restitución e son bastante parecidas dadas las condiciones del laboratorio:

$$e_{20^\circ} = 0,978$$

$$e_{30^\circ} = 0,965$$

$$e_{40^\circ} = 0,967$$

Estas diferencias pueden ocurrir por las pérdidas de calor y energía que se transforma en sonido así como el error humano al no lanzar de manera paralela la bola perdiéndose energía al no transmitirse de una manera exacta. Los resultados esperados respecto la energía y, como consecuencia, la velocidad y la tensión máxima son coherentes puesto que disminuyen según van sucediendo los sucesivos impactos de las bolas como cabe esperar.

Cuando hemos puesto la cinta aislante entre las bolas el coeficiente de restitución ha disminuido bastante como se puede observar.

$$e_{aislante} = 0,718$$

Como era de esperar, los valores de la velocidad, tensión y energía disminuyen con mayor rapidez si lo comparamos a los casos sin cinta aislante. Cabe observar que la cantidad de medidas es mucho menor, esto se debe a que tras los cuatro primeros choques las bolas de los péndulos empiezan a oscilar paralelamente sin que se produzcan impactos.

Cuando el coeficiente de restitución e es 1 la energía y el momento se conservan. Conforme el coeficiente de restitución es menor vemos que la energía se disipa más

rápidamente aunque el momento se conserve y por tanto las bolas en el choque no se quedarán estáticas como se podrá apreciar al introducir la cinta aislante.

11. Conclusiones del Trabajo de Fin de Máster.

Creo que la cuna de Newton es un elemento muy llamativo y conocido por todos. Además es muy fácil de encontrar y no muy caro como podemos ver en el 12.1 Anexo I: Presupuesto.

Esta práctica engloba y combina muchos conceptos físicos que normalmente no son tan triviales para alumnos de secundaria y bachillerato. Además haciendo pequeñas modificaciones podemos realizar nuevas experiencias. Además se hace uso de las nuevas tecnologías aprovechando de mejor manera que normalmente el potencial que éstas nos ofrecen así como el uso de los ordenadores.

Es una práctica muy versátil porque puedes presentarla de muy diversas maneras, desde escribiendo y explicando en la pizarra todos los pasos de la práctica hasta que ellos mismos la ejecuten tal y como hemos propuesto, pasando por hacer videos y proyectarlos en clase o experiencias de cátedra. A mi manera de ver la física y la adquisición y asimilación del conocimiento es mayor cuanto más acerquemos las experiencias y experimentos a los alumnos. Además van a aprender y verán sus esfuerzos intelectuales reflejados en una experiencia tangible así como desarrollar actitudes tan necesarias hoy en día.

Creo que se debería buscar la forma de implantar experiencias como estas en los laboratorios teniendo en cuenta todos los factores que desarrollan actitudes y aptitudes, monetariamente es muy asequible y aprenden ciencia de una manera entretenida y llamativa.

12. Anexos

12.1 Anexo I: Presupuesto

A continuación se presenta el presupuesto necesario para montar cada práctica:

Presupuesto			
Material	Unidades	Precio unitario (€)	Suma (€)
Cartulina	1	0.30	0.30
Transportador de ángulos	2	0.60	0.60
Cola de contacto	1	0.80	0.80
Cola blanca	1	1	1
Tijeras	1	8	8
Rotulador permanente	1	1.20	1.20
Segueta y pelos	1	12	12
Regla	1	0.60	0.60
Péndulo de Newton	1	15	15
Tabla de madera de balsa	1	3	3
Total			43.1

Tabla 25: Presupuesto

13. Referencias

Contexto, aspectos docentes y didácticos

- [1] <http://bocyl.jcyl.es/boletines/2015/05/08/pdf/BOCYL-D-08052015-5.pdf>
- [2] <http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=educar>
- [3] <https://competenciasbasicascordoba.webnode.es/aprender-a-aprender/>
- [4] <http://www.psicopedagogia.com/definicion/aprender%20a%20aprender>
- [5] <http://www.mariapinto.es/alfineees/competencias.htm>
- [6] <http://www.joseantoniomarina.net/proyecto/libroblancodocente/>
- [7] <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/29/pdfs/BOE-A-2015-738.pdf>

Programas

- [8] https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hd_camera_dslr_hd_camcorders
- [9] <https://vlc-media-player.uptodown.com/windows>
- [10] <https://products.office.com/es-es/excel>
- [11] <https://es.libreoffice.org/>

Fundamento teórico

- [12] <https://science.howstuffworks.com/innovation/inventions/newtons-cradle.htm>
- [13] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/newt.html>
- [14] https://es.wikipedia.org/wiki/Leyes_de_Newton
- [15] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/conser.html>
- [16] https://es.wikipedia.org/wiki/Cantidad_de_movimiento
- [17] https://es.wikipedia.org/wiki/Conservaci%C3%B3n_de_la_energ%C3%ADa
- [18] <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/trabajo/pendulo/pendulo.htm>

- [20] http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/con_mlineal/esferas/esferas.htm
- [21] http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/con_mlineal/esferas/esferas.htm
- [22] https://es.wikipedia.org/wiki/Choque_el%C3%A1stico
- [23] https://es.wikipedia.org/wiki/Choque_inel%C3%A1stico
- [26] https://en.wikipedia.org/wiki/Newton%27s_cradle
- [27] https://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9ndulo_de_Newton
- [28] https://www.school-for-champions.com/science/newtons_cradle_derivation.htm
- [31] https://es.wikipedia.org/wiki/Fotogramas_por_segundo

Imágenes

- [19] https://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9ndulo_simple#/media/File:Moglfm1309_pendulosimple.jpg
- [24] https://alejandraborda.files.wordpress.com/2014/11/slide_13.jpg
- [25] http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/con_mlineal/esferas/esfera1.gif
- [29] https://www.school-for-champions.com/science/images/newtons_cradle_derivation_one_ball.gif
- [30] https://www.school-for-champions.com/science/images/newtons_cradle_derivation_two_balls.gif

14.Agradecimientos

No puedo terminar esta fase de mi vida sin agradecer a todos los que pertenecen a la misma y han ayudado y apoyado para que llegue este momento.

En primer lugar quiero agradecer a mi familia el apoyo incondicional que siempre recibo con absolutamente todo lo que les propongo. Sin vosotros no hubiera conseguido ni siquiera poner un pié fuera de casa, de hecho ni hubiera nacido.

También agradecer a todos mis amigos repartidos por todas las partes del mundo Bolivia, Argentina, Italia, Francia, Países Bajos, Polonia y por supuesto España. Ya no sé qué tengo que hacer para poder veros a todos

A mis compañeros del grupo uno que me acogieron desde el primer momento y con el que formamos una gran familia que a pesar del tiempo y dentro de poca distancia seguimos unidos. Ha merecido la pena todo esto sólo por haber podido conocerlos.

A mis pacientes compañeros químicos con los que tanto tiempo he pasado estos últimos meses riendo y sufriendo agobios internos y externos. ¡Sois grandes!

A mis compañeros magos, a mis compañeros de Lindy Hop, a mis amigos de los bares, los amantes de las películas y del deporte gracias por todo el tiempo que habéis pasado conmigo.

A todos los profesores que nos han impartido clases desde el comienzo del máster con mucho cariño. Entre otras cosas habéis conseguido que vea otras facetas de la educación y lo más importante, que me haya reconciliado con la química.

A mi tutora del prácticum por toda la paciencia y cariño que ha tenido conmigo y por hacer que vuelva a creer que se puede educar desde el respeto y el cariño sin dejar la rigurosidad científica. Espero poder seguir tus pasos algún día. Gracias.

A la familia que ha permitido que pueda vivir tan cómodamente en Valladolid poniéndome absolutamente todas las facilidades que han podido.

A mis tutores que me han guiado el TFM por adaptarse a mis necesidades y guiarme adecuadamente.

Y por último y no menos importante al Coordinador del máster de profesorado de física y química por tanto que has hecho y luchado desde el principio hasta el final consiguiendo, con la colaboración del vicerrector y tantos compañeros, que finalmente nos podamos presentar a las oposiciones en Andalucía.

A todos muchísimas gracias. Tenéis un hueco en Málaga cuando queráis venir a ver la playa de verdad.