



Facultad de Educación

MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN
SECUNDARIA

Preconceptos, experimentos programados y resultados en la didáctica de la Física en la Enseñanza Secundaria

Preconceptions, Programmed Experiments and results
in Physics teaching in Secondary Education.

Autora: Sara Pérez Avelleira
Especialidad: Física, Química y Tecnología.
Director: Julio Güémez Ledesma
Curso académico: 2015/2016
Fecha: Junio 2016

Índice

1. Introducción	3
2. Marco teórico	5
2.1. Sistema Educativo Español y las ciencias	5
2.2. Aprendizaje apoyado con experiencias de cátedra	10
2.3. Preconceptos	12
3. Objetivos	14
4. Metodología	15
4.1. Materiales y grupos de estudio	16
4.2. Análisis estadístico	19
5. Resultados	22
5.1. Experiencias de cátedra	22
5.2. Preconceptos	28
6. Discusión	32
6.1. Experiencias de cátedra	32
6.2. Preconceptos	34
7. Conclusiones	45
8. Agradecimientos	47
Referencias	48
A. Apéndice: Protocolo de Experiencias	50
A.1. Fluidos (Torreón de la Física de Cartes)	50
A.2. Mecánica (Torreón de la Física de Cartes)	51
A.3. Electricidad y Magnetismo (Torreón de la Física de Cartes)	52
A.4. Oscilaciones y Ondas (Aula Espacio Tocar la Ciencia)	53
A.5. Óptica y Física Moderna (Aula Espacio Tocar la Ciencia)	54

A. Apéndice: Cuestionarios	55
A.1. Fluidos	55
A.2. Mecánica	60
A.3. Electricidad y Magnetismo	65
A.4. Oscilaciones y Ondas	70
A.5. Óptica y Física Moderna	75

Resumen

Se han estudiado las experiencias de cátedra como herramienta docente para la didáctica de la física en la educación secundaria. El estudio se ha llevado a cabo a partir de las sesiones de experimentos programados que se realizan en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cantabria (Aula Espacio Tocar la Ciencia) y en el Torreón de la Física de Cartes, destinadas a alumnos de 4º de E.S.O. y 1º y 2º de bachillerato. Para ello, se han elaborado dos cuestionarios tipo test a contestar por los alumnos antes (cuestionario previo) y después (cuestionario posterior) de la asistencia a las sesiones, y se ha realizado un análisis estadístico de los resultados. Este análisis ha permitido concluir que las experiencias programadas mejoran la capacidad de los alumnos para asimilar y utilizar los conceptos físicos involucrados en las mismas y que, por tanto, mejoran notablemente el aprendizaje de esta rama de las ciencias.

Además, este método ha permitido estudiar los errores conceptuales más comunes que presentan los alumnos de estos ciclos y proponer una solución.

1. Introducción

Vivimos en una sociedad en la que la ciencia y la tecnología constituyen un pilar fundamental en el desarrollo cultural, social y económico, así como en la vida cotidiana en general. En los últimos años, el continuo crecimiento de la influencia de las mismas en temas como la salud, los recursos energéticos, la conservación del medio ambiente, el transporte, la alimentación y los medios de comunicación ha hecho imprescindible una formación en cultura científica y tecnológica por parte de la población para adaptarse al mundo contemporáneo.

Sin embargo, como docentes, a la hora de impartir asignaturas de ciencias en la educación secundaria, nos encontramos con una baja motivación y falta de interés generalizado por parte de los alumnos, así como un alto índice de repetición o abandono.

Pese a las reformas y propuestas educativas de los últimos años, muchos docentes continúan impartiendo clases magistrales tradicionales, basadas principalmente en la transmisión unidireccional de información, fomentando la memorización de contenidos en lugar de la adquisición de competencias, y la problemática de la poca efectividad en el aprendizaje de las ciencias persiste.

En el presente trabajo se propone la introducción de experiencias de cátedra como herramienta docente, con el fin de capturar la atención y estimular el interés por la ciencia, en concreto por la materia de la física, de los estudiantes, mejorando así el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La metodología escogida para comprobar si realmente este tipo de actividades potencian la mejor comprensión de los conceptos físicos ha consistido en la elaboración de cuestionarios a realizar en los momentos previo y posterior a la asistencia a las sesiones de experiencias. Estos cuestionarios están estructurados en series de 10 preguntas tipo test acerca de las ideas y conceptos que se ponen de manifiesto en los experimentos programados. Además, a la vista de los resultados se podrá poner de manifiesto si existen errores conceptuales en las ideas previas de los alumnos de manera sistemática.

Conocer cuáles son estos preconceptos y determinar si las experiencias de cáte-

dra ayudan a la correcta comprensión de los fenómenos subyacentes por parte del alumnado será fundamental a la hora de establecer una estrategia de mejora en la enseñanza de la física.

2. Marco teórico

2.1. Sistema Educativo Español y las ciencias

La enseñanza de las ciencias en España ha sido poco valorada en las últimas reformas educativas, en las cuales el peso específico de las asignaturas de ciencias ha ido disminuyendo progresivamente (Redondo, s,f).

Tanto es así que en la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) (MEC, 2013), así como en la anterior LOE (MEC, 2006), la cual terminará de implantarse en todos los cursos de la E.S.O. y bachillerato en el próximo curso 2016/2017, la materia de Física y Química se ha reducido a 2 horas semanales en 3º de la E.S.O., correspondiéndole menor asignación horaria que a otras asignaturas optativas tales como Música o Educación Plástica, Visual y Audiovisual, y manteniéndose ambas disciplinas unidas hasta 2º de bachillerato, teniendo que compartir asignación horaria hasta entonces.

Como consecuencia de esto, el nivel de conocimientos de nuestros estudiantes en el área de las ciencias es muy bajo. Así lo muestran todos los indicadores internacionales de la calidad de la enseñanza, donde basta con observar la posición que ocupa España en cuanto al nivel de aprendizaje escolar científico (Redondo y Gómez, 2006).

La primera prueba internacional a gran escala que se ha sometido a estudio en este trabajo es el **TIMMS**, Tendencias en el Estudio Internacional de Matemáticas y Ciencias (*Third International Mathematics and Science Study*). Se trata de un estudio comparativo del aprendizaje escolar en las áreas de ciencias y matemáticas en los alumnos de 4º de primaria y 2º de E.S.O. en España, realizado por la IEA, Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo (*International Association Association for the Evaluation of Educational Achievement*).

El primer estudio del TIMSS en España se realizó en 1995, y desde entonces se realizará cada 4 años, siendo en 2015 la última vez. Su objetivo principal es la obtención de información sobre los efectos de las políticas y las prácticas en los diversos sistemas educativos. (MECD, 2012)

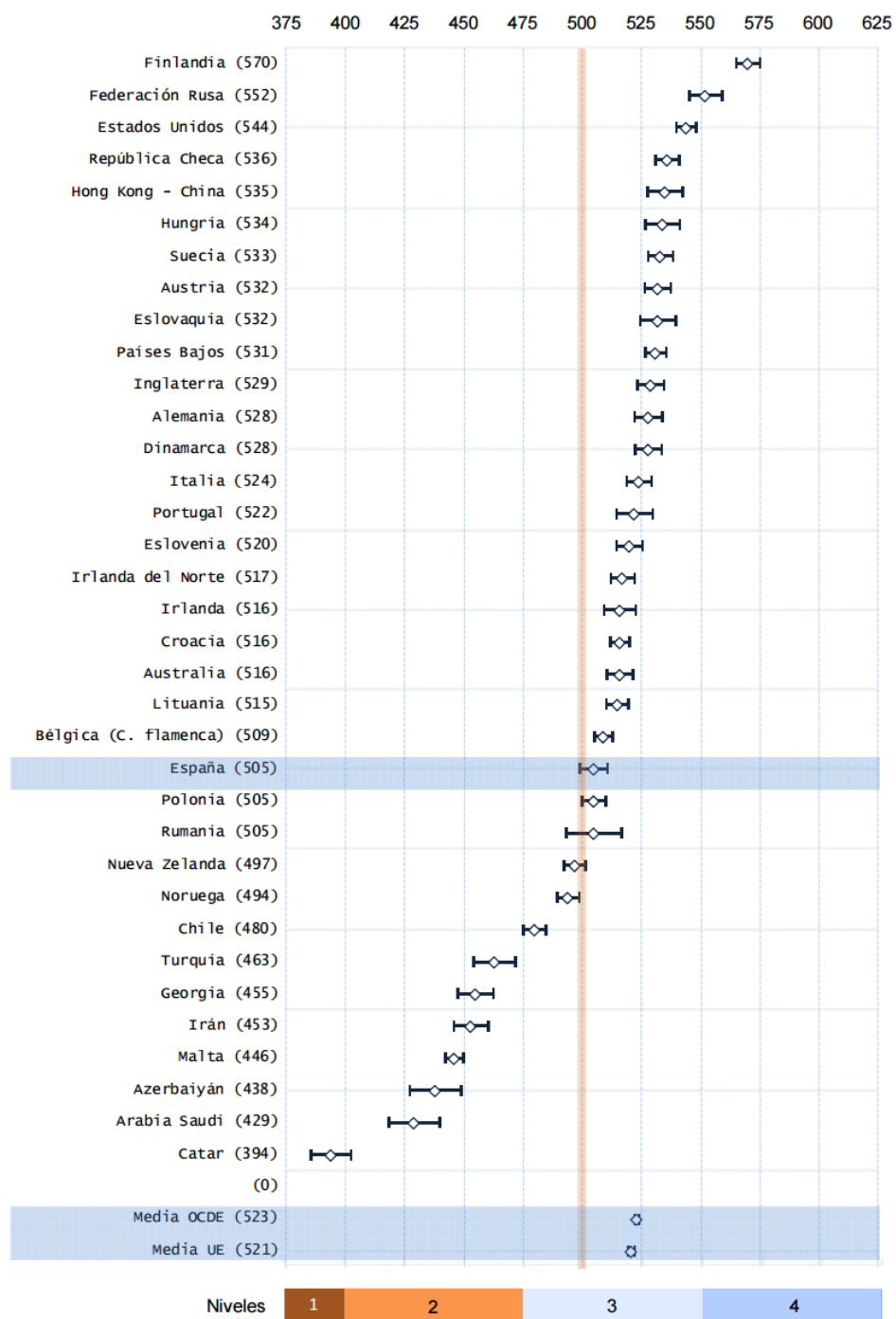


Figura 1: Promedios globales en ciencias en las pruebas TIMMS de 2011 (MECD, 2013a).

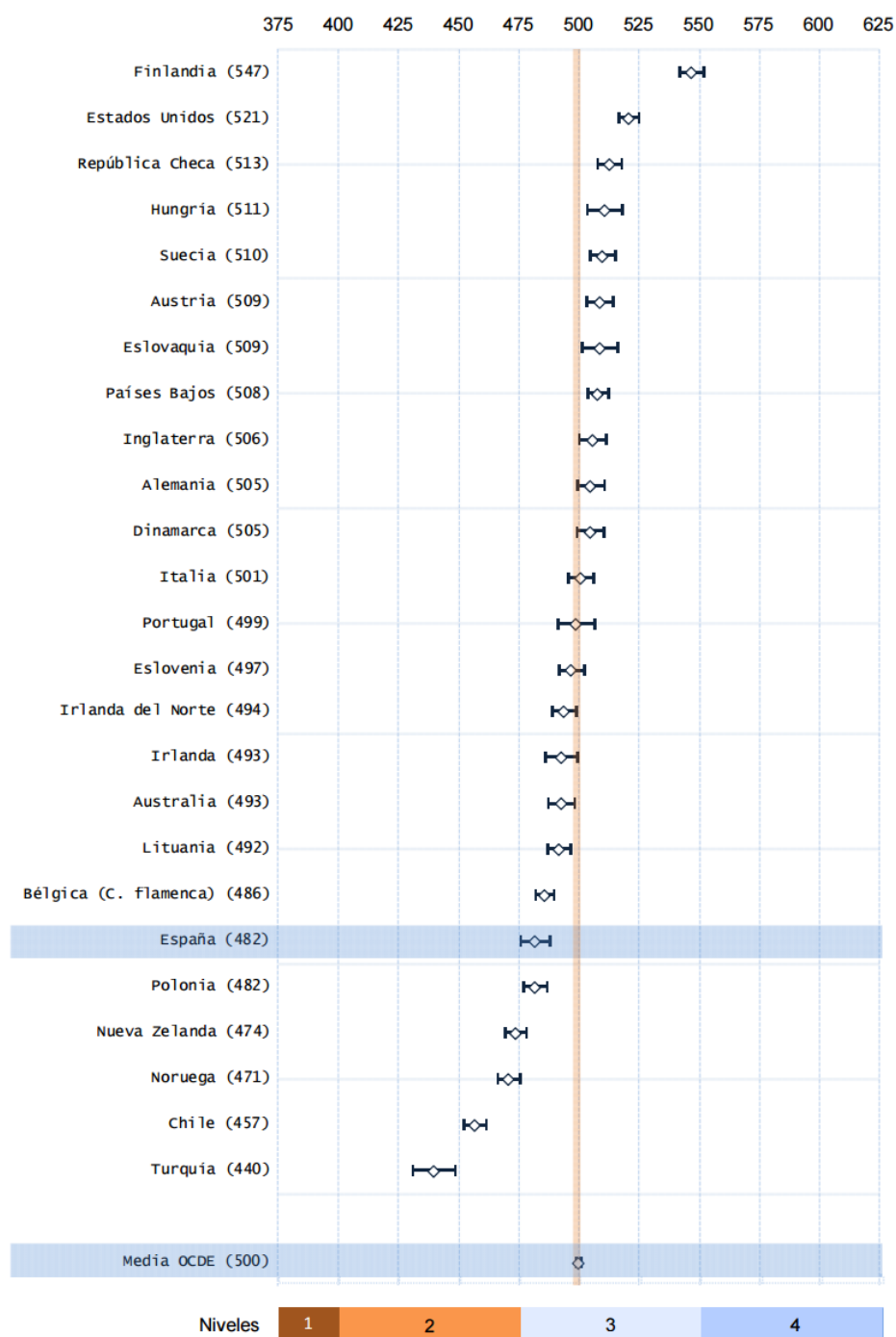


Figura 2: Promedios de los países de la OCDE referidos a su media en las pruebas TIMMS de 2011 (MECD, 2013a).

En la Figura 1 y en la Figura 2 se muestran los promedios en ciencias globales y de los países de la OCDE que participaron en el TIMSS de 2011. En dichas figuras se puede observar que España, con 505 puntos, ocupa el puesto número 23 de los 35 países participantes, siendo la puntuación obtenida por los alumnos españoles inferior a la media de la OCDE en 18 puntos.

Otro estudio internacional a gran escala son los informes **PISA**, Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (*Programme for International Student Assessment*) de la OCDE. (OCDE, 2014)

Estas pruebas sirven para conocer el nivel de habilidades necesarias que han adquirido los estudiantes de 15 años en dominios claves como lectura, competencia científica y matemáticas. Son realizadas cada tres años y evalúan si los estudiantes tienen la capacidad de reproducir lo que han aprendido, de transferir sus conocimientos y aplicarlos en nuevos contextos.

El informe PISA de 2012 se aplicó a 65 países, incluyendo los 34 que forman parte de la OCDE. En la Figura 3 se muestra la puntuación obtenida en el área de las ciencias tanto de España como de las comunidades autónomas españolas, en comparación con el resto de países participantes. Como se puede ver en la figura, España ocupa la posición 21 entre los 34 países de la OCDE, habiendo obtenido 496 puntos, 5 puntos por debajo del promedio OCDE (501), y siendo esta diferencia significativa estadísticamente (MECD, 2013b).

Sin embargo, si estudiamos la evolución del rendimiento en ciencias en las anteriores pruebas PISA, observamos que la puntuación del alumnado español se ha incrementado en 8 puntos respecto a PISA 2006, aunque esta cifra queda ligeramente por debajo de la diferencia significativa. (MECD, 2013c)

En las **Olimpiadas Internacionales** de ciencias participan anualmente nuestros mejores estudiantes al finalizar la educación secundaria. En estas pruebas se evalúan los conocimientos de los programas habituales en todo el mundo para esa edad. (IPhO, 2012)

En la puntuación global de las Olimpiadas de Física entre 1991 y 2000, España obtuvo 3,5 puntos de un máximo de 100, frente a los 59,5 puntos de Alemania, 49 del Reino Unido y 26 de Italia, quedando, así, en el puesto 34 entre 38 países europeos y en el 51 entre 60 de todo el mundo. (Julve, 2003)

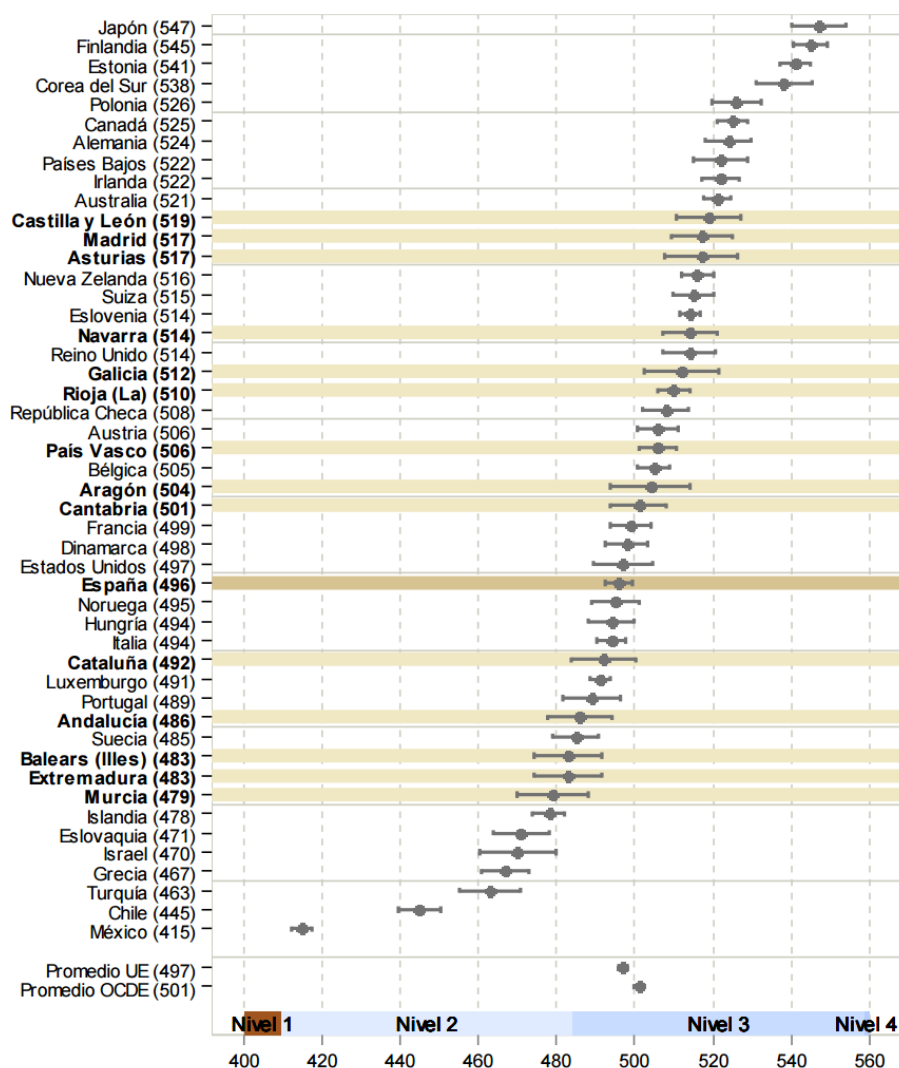


Figura 3: Puntuaciones medias en ciencias en las pruebas PISA de 2012 por países y comunidades autónomas españolas con intervalo de confianza al 95 % para la media poblacional. (MECD, 2013b)

En cuanto a las Olimpiadas de Química entre 1996 y 2002, España obtuvo 14,3 puntos, frente a los 75 puntos de Alemania, 57,1 del Reino Unido, 56,2 de Francia y 37,5 de Italia, quedando en el puesto 14 de entre 15 países de Europa Occidental. (RSEFQ, 2006)

A la vista de estos resultados se puede decir que los estudiantes españoles están en posiciones retrasadas en lo que a resultados en ciencias se refiere. Esto se puede explicar debido al reducido número de horas, y a la no obligatoriedad de las asignaturas de ciencias en comparación con otros países de nuestro entorno, lo que potencia la tendencia por parte del profesorado a seguir con la actitud de enseñanza tradicional, basada únicamente en la transmisión unidireccional de información, sin prestar la atención necesaria al carácter experimental que tienen las ciencias, de manera que no se fomenta el aprendizaje significativo del alumnado.

2.2. Aprendizaje apoyado con experiencias de cátedra

La metodología puesta en práctica por los docentes de física en los colegios e institutos es, por lo general, esencialmente expositiva, con el libro de texto como principal, y casi único, recurso. El aprendizaje está centrado en el recuerdo de la lectura del texto y de la exposición en la pizarra por parte del profesor (López y Bernal, s,f).

Aunque la mayoría de centros cuentan con laboratorios integrados en sus instalaciones, estas aulas son raramente aprovechadas, pues, en el mejor de los casos, se limitan a la ejecución de prácticas improvisadas, en las que se proporciona al estudiante un recetario con los pasos que debe ejecutar sin entender por qué o para qué. (Riveros, 1995)

El hecho de que la relación contenidos-tiempo es cada vez mayor en las asignaturas de ciencias, los grupos son excesivamente grandes en los institutos o colegios, el hecho de que los docentes de secundaria se vean más seguros desarrollando las clases sin salir del aula, etc. tiene como resultado que los estudiantes consideren las ciencias como algo pesado, aburrido, monótono y carente de atractivo.

En el presente trabajo se propone la introducción de las experiencias de cátedra en la didáctica de la física en la educación secundaria, con el fin de mejorar los resultados obtenidos hasta ahora en todo lo relativo a esta rama de las ciencias y conseguir en los alumnos una educación científica que contribuya a la adquisición de competencias para la comprensión de los fenómenos que tienen lugar en el mundo que nos rodea y de los continuos avances en ciencia y tecnología.

Las experiencias de cátedra son prácticas realizadas por el profesor en las cuales se dan a conocer diferentes fenómenos físicos o, incluso, se realizan medidas experimentales, de manera que se genera un ambiente participativo y de discusión, y el alumno está en continua interacción con el experimento. Como principales ventajas pedagógicas de las experiencias de cátedra se pueden destacar (Hernán, 2011)(Vázquez, García y González,1994) las siguientes:

- Captan la atención del alumno, rompiendo la monotonía de la clase magistral y favoreciendo la motivación.
- Facilitan el aprendizaje directo y rápido (ya que se canaliza el pensamiento a lo que es relevante en cada tema) basado en competencias específicas que se pueden extrapolar a la vida cotidiana.
- Estimulan al alumno a participar, incitando a los más pasivos, en un ambiente propicio a la interacción.
- Permiten a los alumnos un primer contacto con el método científico.
- Posibilitan la multidisciplinaridad, combinando actividades dinámicas, simbólicas (numéricas o verbales) e icónicas (dibujos, modelos, esquemas, etc.).
- Permiten la observación por los alumnos de actividades que, por su peligrosidad, fragilidad o coste, no son realizables en unas prácticas de laboratorio convencionales.

Según Beltrán et al.(1987 citado en Vázquez, García y González,1994), para lograr estos objetivos, es necesario por parte del profesor que se sigan una serie de pautas durante el desarrollo de las experiencias:

- Realizar explicaciones detalladas antes de la realización de las demostraciones, así como de los pasos que se van a seguir y de la relación existente entre la demostración y las teorías físicas relacionadas.
- Dividir la demostración en varios pasos.
- Intercalar preguntas durante la demostración con el fin de mantener la atención, comprobar la comprensión y fomentar el pensamiento crítico, consiguiendo que el proceso sea interactivo con los alumnos.
- Fomentar la propia experimentación de los alumnos en caso de ser posible.
- Intercalar la utilización de elementos simples o de la vida cotidiana con aparatos más específicos de medida o de laboratorio, para ayudar a conectar los contenidos físicos con objetos conocidos.

Las experiencias de cátedra suponen un enriquecimiento en la formación del alumnado y son una herramienta muy eficaz para una mejor asimilación de los conceptos y teorías físicas. Sin embargo, se trata de una tarea muy compleja, ya que con una incorrecta estructuración en el aula (relación contenidos-tiempo desfavorable o elevado número de alumnos), la elección de material demasiado complejo (cuya explicación no se ajuste al nivel de enseñanza de los alumnos) o demasiado llamativo (que desvíe la atención fuera de los objetivos del experimento) se podrían perder las ventajas pedagógicas que estas sesiones suponen. (Rábago, 2015)

2.3. Preconceptos

En el aprendizaje de las ciencias aparecen determinados factores que a menudo plantean dificultades y problemas. Uno de ellos son los preconceptos o ideas previas que poseen los alumnos sobre diferentes fenómenos, cuya existencia está suficientemente probada (Fernandez, 1987).

Los alumnos han observado desde la infancia fenómenos físicos desconocidos para ellos, a los que le han buscado una explicación desde su propio conocimiento o experiencia diaria sin recibir ninguna enseñanza al respecto. Una vez

en el aula, se les explican nuevos conceptos, normalmente sin tener en cuenta los conocimientos previos que tengan en esa materia, sin enseñar todo el proceso de razonamiento y, normalmente, con materiales no adecuados y de manera expositiva, con tiempo insuficiente para realizar una explicación adecuada.

A esto se le unen, en numerosas ocasiones, errores que aparecen en los libros de texto, mal uso de la terminología y otros errores conceptuales que los propios docentes tienen interiorizados y que transmiten a sus alumnos. (Slisko, 2005)

Según Compiani (1998), estos preconceptos poseen las siguientes características:

- i.* No son, en general, congruentes con los conceptos y leyes científicas que los alumnos deben aprender.
- ii.* Constituyen un esquema conceptual coherente, con amplio poder explicativo.
- iii.* Son muy resistentes al cambio.
- iv.* Interfieren negativamente en el aprendizaje de las ciencias, siendo responsables, en parte, de la dificultad que encuentran los alumnos en estas áreas.

Por tanto, tener en cuenta las ideas previas de los alumnos y su grado de persistencia es fundamental para la labor docente, ya que, de no ser así, la tarea de eliminarlas en caso de estar equivocadas será significativamente más compleja, ya que podría darse el caso de que los alumnos, en lugar de deshacerse de estos preconceptos equivocados, adquirieran dos estructuras diferentes de conocimiento: los transmitidos por el profesor y sus preconceptos, dando lugar a un conjunto diverso de resultados de aprendizaje no deseados y más difíciles de solventar.

Mediante las experiencias de cátedra se pretende, además de todo lo dicho anteriormente, que los alumnos obtengan resultados y soluciones que contradigan sus ideas previas erróneas para, de este modo, conseguir que desarrollen estrategias de razonamiento críticas más rigurosas.

3. Objetivos

Los objetivos de este trabajo son:

- Estudiar si, efectivamente, las experiencias de cátedra contribuyen a mejorar el aprendizaje de los alumnos en las asignaturas de física, en concreto para las ramas de electricidad y magnetismo, fluidos, mecánica, oscilaciones y ondas y óptica y física moderna.
- Identificar y analizar las ideas previas erróneas de los alumnos en estas ramas de la física y proponer, en base a estas, nuevas estrategias de aprendizaje con el fin de eliminarlas.

4. Metodología

Para llevar a cabo los objetivos de este trabajo, se hace necesaria la selección de un espacio en el cual se realicen experiencias de cátedra y acudan un número de alumnos suficiente para poder sacar conclusiones con alto grado de fiabilidad. Por ello, se ha seleccionado el Aula de la Ciencia, que es un espacio a través del cual la Universidad de Cantabria organiza todo tipo de actividades para la divulgación de la ciencia. De todas las actividades formativas que realiza el Aula de la Ciencia, se han seleccionado aquellas dos que están destinadas a alumnos de E.S.O. y bachillerato: El Torreón de la Física de Cartes y el Aula Espacio Tocar la Ciencia.

El Aula Espacio Tocar la Ciencia es un espacio donde se desarrollan actividades pedagógicas y de divulgación científica, gracias a la colaboración con el Decanato de la Facultad de Ciencias, por parte del profesor José Miguel Ruiz Sordo.

El Torreón de la Física de Cartes es otra iniciativa que pretende acercar algunos materiales pedagógicos interesantes para la enseñanza de la física a los profesores y presentar a los alumnos la física bajo un aspecto más divertido, de la mano de la profesora Ana Isabel Diego García. Este proyecto nace de la colaboración entre el Ayuntamiento de Cartes, el Gobierno de Cantabria y el Aula de la Ciencia de la Universidad de Cantabria.

En estos espacios se han reunido materiales experimentales relativos a las áreas de la física: mecánica, electricidad y magnetismo, óptica y física moderna, fluidos y oscilaciones y ondas, y se encuentran especialmente preparados para ser utilizados con alumnos de educación secundaria, de manera que sus profesores del colegio o instituto tienen la posibilidad de reservar una o varias sesiones para sus alumnos.

Las sesiones son realizadas por áreas temáticas y tienen una duración aproximada de 2 horas, con un máximo de 35 alumnos por sesión. En el Apéndice A se muestran los protocolos de experiencias de las distintas sesiones, indicándose si se realizan en el Torreón de la Física o en el Aula Espacio Tocar la Ciencia.



Figura 4: Torreón de la Física de Cartes a la izquierda y abajo a la derecha y Aula Espacio Tocar la Ciencia arriba a la derecha

4.1. Materiales y grupos de estudio

El primer objetivo, como se ha explicado en el apartado 3, consiste en comprobar si los alumnos mejoran tras asistir a una sesión de experiencias en el Torreón de la Física o en el Aula Espacio Tocar la Ciencia. Es decir, se trata de comprobar si, tras la observación de experimentos y demostraciones sobre un área concreta de la física, los alumnos adquieren nuevos conocimientos sobre las leyes y principios físicos que entran en juego en los experimentos.

La forma de comprobar esta mejora ha sido por medio de la resolución de unos cuestionarios, a realizar en el momento previo y posterior a la sesión de experiencias. Estos cuestionarios consisten en 10 preguntas cerradas de tipo test, con tres posibles soluciones y donde sólo una de ellas es correcta.

Los cuestionarios previo y posterior son similares, pero los previos están redactados con lenguaje más coloquial o sencillo de forma que los alumnos puedan entender las preguntas sin dificultad, mientras que los posteriores están tratados

con un lenguaje más técnico, ya que se presupone que, al haber asistido a la sesión, habrán adquirido los conocimientos para entenderlo. En cuanto al contenido de las preguntas, son análogas en el sentido de que cada cuestión trata el mismo concepto o ley física, aunque no se pregunte exactamente lo mismo. Esta buscada correlación entre cuestionarios se puede comprobar por inspección del Apéndice B, sin más que comparar cualquier cuestionario previo con su posterior. A modo ilustrativo, en la Figura 5 se muestran como ejemplo dos de los ítems de los cuestionarios previo y posterior de mecánica.

PREVIO	POSTERIOR
1. El centro de masas de un boomerang se encuentra aproximadamente en el punto (a) ☐ A (b) ☐ B (c) ☐ C	1. Un tentetieso se encuentra en equilibrio estable cuando su centro de masas se encuentra (a) ☐ por debajo de su punto de apoyo (b) ☐ por encima de su punto de apoyo (c) ☐ cerca de su punto de apoyo
2. El enunciado “Un cuerpo permanece en reposo o se mueve con velocidad constante cuando la suma de las fuerzas que actúan sobre él es igual a cero” corresponde a (a) ☐ Primera Ley de Newton (b) ☐ Segunda Ley de Newton (c) ☐ Tercera Ley de Newton	2. Si se hacen girar un huevo crudo y otro cocido, se detienen con el dedo y se sueltan (a) ☐ ambos continúan en reposo por el Principio de Inercia (Primera Ley de Newton) (b) ☐ el cocido se mantiene en reposo y el crudo vuelve a girar por el Principio de Inercia (Primera Ley de Newton) (c) ☐ el crudo se mantiene en reposo y el cocido vuelve a girar por el Principio de Inercia (Primera Ley de Newton)

Figura 5: Comparativa entre los ítems 1 y 2 de los cuestionarios previo y posterior correspondientes a la sesión de experiencias de mecánica.

El segundo objetivo que se ha marcado en este trabajo es el de identificar las ideas previas erróneas de los alumnos en las ramas de la física que se van a tratar en las diferentes sesiones. Esto se ha podido realizar por medio del análisis de las respuestas de los alumnos en los cuestionarios previos.

En cuanto a la elección de los grupos de estudio, ésta está condicionada por la programación de los espacios y el número de alumnos que vayan a asistir a

Sesión	Espacio	Curso	Colegio/IES	N	N _t
Fluidos	Torreón	4º ESO	Ricardo Bernardo	58	191
			Ría del Carmen	33	
			Estelas de Cantabria	15	
			Foramontanos	30	
			Zapatón	31	
			Miguel Herrero	24	
Mecánica	Torreón	1º Bach	Miguel Herrero	32	113
			Muriedas	33	
			Foramontanos	13	
			Zapatón	17	
			Javier Orbe Cano	18	
Electricidad y Magnetismo	Torreón	2º Bach	Kostka	8	97
			Valentín Turienzo	18	
			Nuestra Señora de la Paz	30	
			Garcilaso de la Vega	13	
			Miguel Herrero	15	
			Santa Maria la Real	13	
Oscilaciones y Ondas	Aula	2º Bach	San Agustín	11	36
			Besaya	5	
			Valle de Camargo	20	
Óptica y Física Moderna	Aula	2º Bach	Los Escolapios	7	67
			Zapatón	15	
			Santa Cruz de Castañeda	22	
			Besaya	5	
			San Agustín	10	
			Lope de Vega	8	

Cuadro 1: Grupos sometidos a análisis de entre los participantes a las sesiones. Se muestra la temática de las sesiones y el espacio en el que se realizan, los colegios o institutos que participan en las sesiones, el número de alumnos de cada colegio/instituto, N , y el número total de alumnos encuestados en cada sesión, N_t .

cada sesión. La toma de datos se ha realizado entre los meses de Diciembre a Mayo de 2016, y se ha tenido en cuenta los contenidos de las asignaturas de Física y Física y Química en los diferentes ciclos (MEC, 2007a, 2007b) a la hora de escoger los cursos a analizar para cada temática de la sesión. Así, los grupos de estudio seleccionados quedan como se muestra en el Cuadro 1, teniéndose en total la cifra de 504 alumnos.

4.2. Análisis estadístico

Una vez se dispuso de los resultados de los alumnos en los cuestionarios previo y posterior de cada una de las áreas tratadas, se procedió al análisis estadístico de las calificaciones.

Lo que se hizo fue llevar a cabo un contraste de hipótesis. Esto es un procedimiento para, a partir de una muestra aleatoria y significativa, extraer conclusiones que permitan aceptar o rechazar una hipótesis previamente emitida sobre el valor de un parámetro desconocido de la distribución.

La hipótesis emitida se designa por H_0 y se llama hipótesis nula, ya que parte del supuesto de que la diferencia entre el valor verdadero del parámetro desconocido y su valor hipotético es debida al azar, es decir no hay diferencia significativa. Esta hipótesis se considera correcta a no ser que se encuentren fuertes evidencias en su contra, en cuyo caso se pasaría a aceptar la hipótesis contraria.

La hipótesis contraria se designa por H_1 y se llama hipótesis alternativa. Rechazar H_0 implica aceptar H_1 , es decir, aceptar que existen diferencias significativas entre el valor verdadero del parámetro desconocido y su valor hipotético.

En esta investigación, lo que se tienen son las distribuciones de calificaciones de los alumnos antes y después de la asistencia a las experiencias de cátedra, y lo que se quiere determinar mediante el contraste de hipótesis es si es razonable aceptar o rechazar que sean significativamente distintas o, por el contrario, los cambios observados entre ambas distribuciones son debidos al azar.

Para ello, nuestra hipótesis nula H_0 es que las distribuciones de notas antes y después de las experiencias son estadísticamente iguales (esto es, las diferencias que se encuentren quedan dentro de los límites esperables como efecto de

la extracción aleatoria de las muestras).

Si denotamos por μ_A y μ_B a las notas medias de los cuestionarios previo y posterior a la experiencia de cátedra, respectivamente, la hipótesis nula que debemos plantear es:

$$H_0 : \mu_A = \mu_B$$

o

$$H_0 : \mu_A - \mu_B = 0$$

Nuestra hipótesis alternativa H_1 , en caso de rechazarse H_0 , indicaría que ambas distribuciones de notas son significativamente distintas, es decir, demostraría que los alumnos mejoran tras la asistencia a las sesiones de experiencias. La hipótesis alternativa sería:

$$H_1 : \mu_A \neq \mu_B$$

o

$$H_1 : \mu_A - \mu_B < 0$$

Antes de seleccionar el método a utilizar para realizar el contraste de hipótesis, se ha de definir el nivel de confianza α que estamos dispuestos a aceptar. Este valor nos indica que, en el contraste de hipótesis, se aceptarán o rechazarán las hipótesis con una seguridad de acierto del $100 \cdot (1-\alpha) \%$. En este caso, teniendo en cuenta el tamaño de las muestras, tomaremos un valor de $\alpha=0,05$, como normalmente se hace en estadística, lo que nos proporcionará unos resultados con una seguridad del 95 %.

Como se trata de comparar medias entre dos distribuciones apareadas, se utiliza la prueba estadística de la t de Student. Esta prueba funciona del siguiente modo: si se dan las condiciones de validez, las diferencias entre las notas antes y después deberían ser aproximadamente normales de media cero. Si al calcular la media de las diferencias, el valor obtenido no es consistente con una posible media de cero, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Es decir, si la diferencia entre lo observado y la hipótesis nula no es atribuible al puro azar, aceptamos que hay diferencias entre los grupos.

Antes de aplicar este método, se ha de asegurar que se cumplen las condiciones de validez. Estas condiciones son:

- normalidad: la variable cuantitativa en los grupos que se comparan ha de seguir una distribución normal. Para ello se utilizará la prueba de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors, que compara la función de distribución acumulada empírica (ECDF) de los datos de la muestra con la distribución esperada si los datos fueran normales. Si esta diferencia observada no es lo suficientemente grande (en función del nivel de significancia α elegido), la prueba rechazará que se trate de una población no normal. En el caso de tener una distribución con un número de elementos menor a 50, se aplicará la prueba de Shapiro-Wilk. Esta prueba mide el valor de un estadístico, el cual se corresponde con la fuerza del ajuste de los datos a una recta. Cuanto mayor sea el valor de este estadístico mayor desacuerdo habrá con la recta de normalidad, y la prueba rechazará que se trate de una población no normal.
- homogeneidad de varianzas: las varianzas en los grupos que se comparan deben ser aproximadamente iguales. En este estudio, desarrollaremos la prueba de Levene, esto es, aquella que emplea el programa SPSS para comprobar que las varianzas de la variable dependiente en los grupos que se comparan sean aproximadamente iguales.

Si se cumplen las condiciones de validez, se puede aplicar el método de la t de Student. En caso contrario, si la prueba de Kolmogorov-Smirnov/Shapiro-Wilk o la prueba de Levene detectan una no normalidad o una no homogeneidad de varianzas respectivamente, se pasa a utilizar el método de Wilcoxon Mann Whitney, que, aunque siendo menos exigente, es menos potente que el anterior. Este método considera las diferencias entre cada observación y su control, examina la discrepancia existente entre los resultados observados y la predicción de la hipótesis nula. Si la hipótesis nula H_0 fuese cierta, las diferencias negativas serían similares en cantidad y tamaño a las diferencias positivas. En caso contrario, se aceptará la hipótesis alternativa H_1 . (Barón y Téllez, 2004; Moore, 2005)

Para la realización de este análisis estadístico se ha utilizado el programa IBM SPSS Statistics 23.

5. Resultados

En este apartado se van a mostrar los resultados obtenidos a partir del análisis de los cuestionarios en relación con los dos objetivos planteados en el trabajo.

En el apartado 5.1 se van a mostrar los resultados referentes al primer objetivo, es decir, si las experiencias de cátedra han contribuido a mejorar el aprendizaje de los alumnos y en qué medida.

Para ello, se analizarán las distribuciones de resultados de los cuestionarios previos y posteriores comprobando si existe una mejora significativa entre ambas.

En el apartado 5.2 se van a mostrar los resultados referentes al estudio de las ideas previas de los alumnos.

Al tratarse de cuestionarios tipo test, la forma de detectar las ideas previas erróneas será por medio del análisis de las preguntas según el porcentaje de aciertos.

5.1. Experiencias de cátedra

En esta sección se van a mostrar los resultados del análisis de los cuestionarios cerrados previos y posteriores a cada una de las sesiones de experiencias de cátedra: fluidos, mecánica, electricidad y magnetismo, oscilaciones y ondas y óptica y física moderna. En cada caso, se mostrarán los diagramas de barras correspondientes a las distribuciones de notas previas y posteriores a cada sesión, acompañadas de su media, desviación estándar y número de encuestados. A continuación, se incluirá una tabla resumen donde se indican los resultados numéricos del análisis estadístico correspondiente: normalidad de las distribuciones, prueba de Kolmogorov-Smirnov o de Shapiro-Wilk, homogeneidad de varianzas, test de Levene, y método de la t de Student o, en su caso, método de la W de Wilcoxon Mann Whitney.

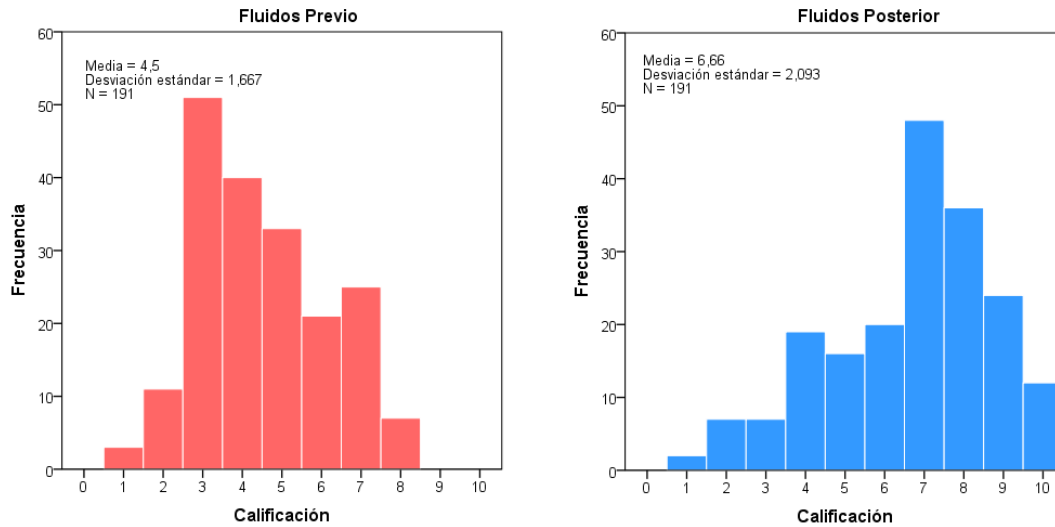


Figura 6: Distribuciones de calificaciones de los cuestionarios previo (izquierda) y posterior (derecha) a las experiencias de fluidos para los alumnos de 4º de E.S.O.

Fluidos		
Cuestionario	Previo	Posterior
Media	4,5	6,66
Desviación estándar	1,667	2,093
K-S	0,000***	0,000***
Normalidad	no	no
Levene	-	
t-Student	-	
W-Wilcoxon	0,000***	
Distribuciones	Distintas	

*** $p < 0,001$ ** $p < 0,01$ * $p < 0,05$

Cuadro 2: Variables estadísticas de los cuestionarios previo y posterior de fluidos para los alumnos de 4º de E.S.O.. Se muestran los resultados de las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov (K-S), homogeneidad de varianzas de Levene y las pruebas de significación t de Student o, en su caso, W+ de Wilcoxon. Se indica al final de la tabla si las distribuciones de notas son significativamente distintas o iguales. El nivel de confianza seleccionado es del 95 %, es decir, $\alpha = 0,05$.

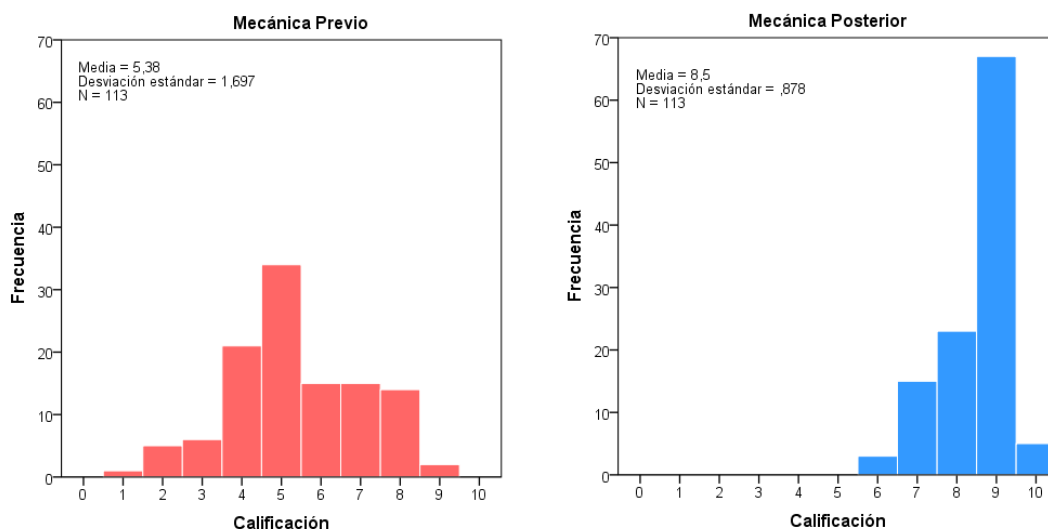


Figura 7: Distribuciones de calificaciones de los cuestionarios previo (izquierda) y posterior (derecha) a las experiencias de mecánica para los alumnos de 1º de bachillerato.

Mecánica		
Cuestionario	Previo	Posterior
Media	5,38	8,5
Desviación estándar	1,697	0,878
K-S	0,000***	0,000***
Normalidad	no	no
Levene	-	
t-Student	-	
W-Wilcoxon	0,000***	
Distribuciones	Distintas	

*** p<0,001 ** p<0,01 * p<0,05

Cuadro 3: Variables estadísticas de los cuestionarios previo y posterior de mecánica para los alumnos de 1º de bachillerato. Se muestran los resultados de las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov (K-S), homogeneidad de varianzas de Levene y las pruebas de significación t de Student o, en su caso, W+ de Wilcoxon. Se indica al final de la tabla si las distribuciones de notas son significativamente distintas o iguales. El nivel de confianza seleccionado es del 95 %, es decir, $\alpha=0,05$.

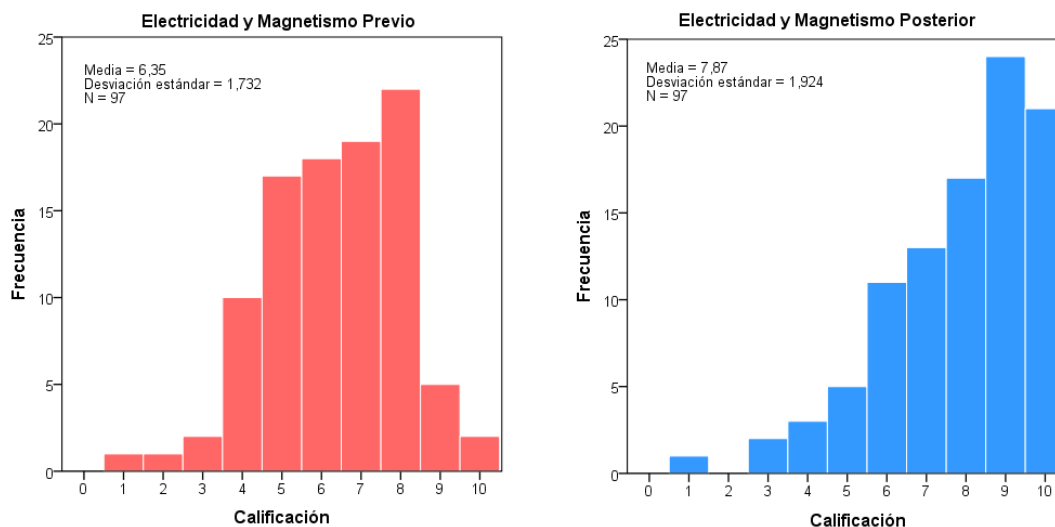


Figura 8: Distribuciones de calificaciones de los cuestionarios previo (izquierda) y posterior (derecha) a las experiencias de electricidad y magnetismo para los alumnos de 2º de bachillerato.

Electricidad y Magnetismo		
Cuestionario	Previo	Posterior
Media	6,35	7,87
Desviación estándar	1,732	1,924
K-S	0,000***	0,000***
Normalidad	no	no
Levene	-	
t-Student	-	
W-Wilcoxon	0,000***	
Distribuciones	Distintas	

*** $p < 0,001$ ** $p < 0,01$ * $p < 0,05$

Cuadro 4: Variables estadísticas de los cuestionarios previo y posterior de electricidad y magnetismo para los alumnos de 2º de bachillerato. Se muestran los resultados de las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov (K-S), homogeneidad de varianzas de Levene y las pruebas de significación t de Student o, en su caso, W+ de Wilcoxon. Se indica al final de la tabla si las distribuciones de notas son significativamente distintas o iguales. El nivel de confianza seleccionado es del 95 %, es decir, $\alpha = 0,05$.

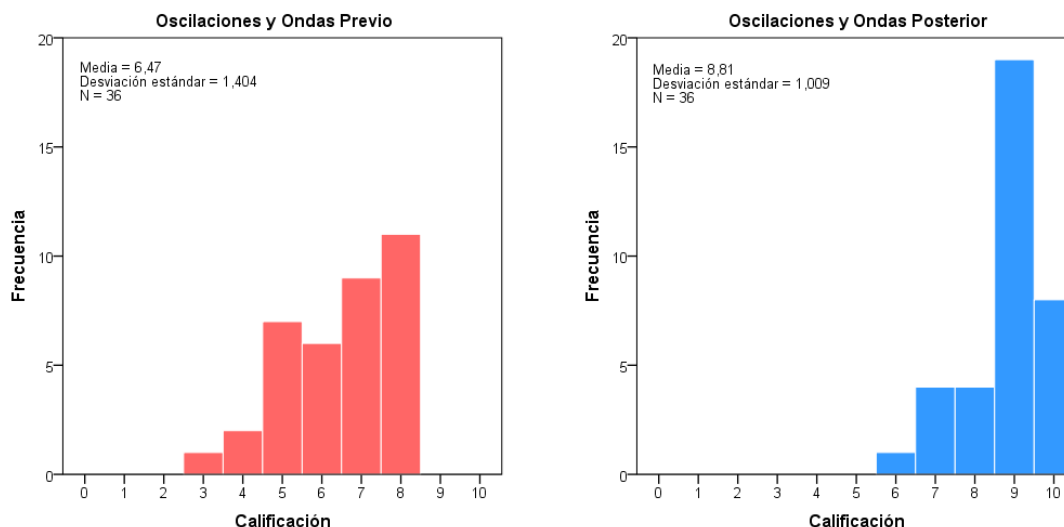


Figura 9: Distribuciones de calificaciones de los cuestionarios previo (izquierda) y posterior (derecha) a las experiencias de oscilaciones y ondas para los alumnos de 2º de bachillerato.

Oscilaciones y ondas		
Cuestionario	Previo	Posterior
Media	6,47	8,81
Desviación estándar	1,404	1,009
S-W	0,001**	0,000***
Normalidad	no	no
Levene	-	
t-Student	-	
W-Wilcoxon	0,000***	
Distribuciones	Distintas	

*** p<0,001 ** p<0,01 ** p<0,05

Cuadro 5: Variables estadísticas de los cuestionarios previo y posterior de oscilaciones y ondas para los alumnos de 2º de bachillerato. Se muestran los resultados de las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk (S-W), homogeneidad de varianzas de Levene y las pruebas de significación t de Student o, en su caso, W+ de Wilcoxon. Se indica al final de la tabla si las distribuciones de notas son significativamente distintas o iguales. El nivel de confianza seleccionado es del 95 %, es decir, $\alpha=0,05$.

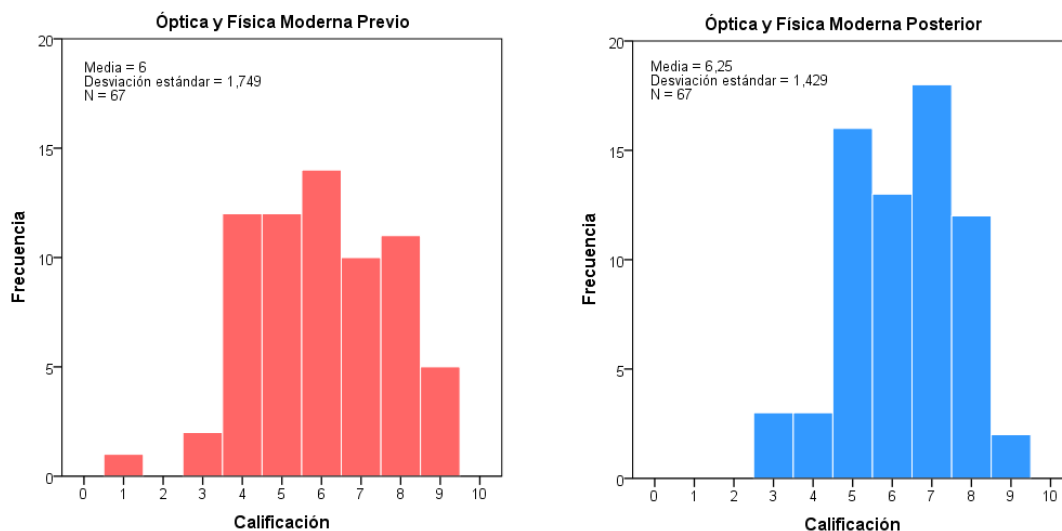


Figura 10: Distribuciones de calificaciones de los cuestionarios previo (izquierda) y posterior (derecha) a las experiencias de óptica y física moderna para los alumnos de 2º de bachillerato.

Óptica y física moderna		
Cuestionario	Previo	Posterior
Media	6	6,25
Desviación estándar	1,749	1,429
K-S	0,000***	0,000***
Normalidad	no	no
Levene	-	
t-Student	-	
W-Wilcoxon	0,356	
Distribuciones	Iguales	

*** $p < 0,001$ ** $p < 0,01$ * $p < 0,05$

Cuadro 6: Variables estadísticas de los cuestionarios previo y posterior de óptica y física moderna para los alumnos de 2º de bachillerato. Se muestran los resultados de las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk (S-W), homogeneidad de varianzas de Levene y las pruebas de significación t de Student o, en su caso, W+ de Wilcoxon. Se indica al final de la tabla si las distribuciones de notas son significativamente distintas o iguales. El nivel de confianza seleccionado es del 95 %, es decir, $\alpha = 0,05$.

5.2. Preconceptos

En este apartado se va a presentar el análisis de los cuestionarios previos a las experiencias de cátedra de las distintas temáticas. Se ha analizado y tabulado el porcentaje de aciertos de cada una de las preguntas de los cuestionarios con el fin de detectar los preconceptos erróneos que presentan los alumnos de manera generalizada en cada una de las diferentes temáticas de las sesiones de experiencias.

En el Cuadro 7 se muestran los resultados de aciertos en el cuestionario previo del tema de fluidos. La pregunta 2 se refiere al punto de localización del empuje y la pregunta 9 a la velocidad de salida de un fluido a mayor o menor profundidad (ver Apéndice A.1).

Fluidos			
Ítem	Nº Aciertos	Total	Porcentaje aciertos
1	94	191	49,2 %
2	59		30,9 %
3	149		78,0 %
4	118		61,8 %
5	71		37,2 %
6	76		39,8 %
7	110		57,6 %
8	82		42,9 %
9	56		29,3 %
10	82		42,9 %

Cuadro 7: Número de aciertos y porcentaje de acierto de cada ítem en los cuestionarios previos realizados en las experiencias de fluidos. Se indica en negrita las preguntas que tuvieron menos del 35 % de acierto.

En el Cuadro 8 se muestran los resultados obtenidos en el cuestionario previo del tema de mecánica. La pregunta 1 se refiere a la posición del centro de masas de un cuerpo, la pregunta 5 a las fuerzas presentes cuando golpeamos un objeto y sus magnitudes y la pregunta 10 a la caída de graves (ver Apéndice A.2).

Mecánica			
Ítem	Nº Aciertos	Total	Porcentaje aciertos
1	31	113	27,4 %
2	65		57,5 %
3	54		47,8 %
4	53		46,9 %
5	33		29,2 %
6	87		77,0 %
7	85		75,2 %
8	76		67,3 %
9	95		84,1 %
10	35		31,0 %

Cuadro 8: Número de aciertos y porcentaje de acierto de cada ítem en los cuestionarios previos realizados en las experiencias de mecánica. Se indica en negrita las preguntas que tuvieron menos del 35 % de acierto.

En el Cuadro 9 se muestran los resultados obtenidos en el cuestionario previo del tema de electricidad y magnetismo. En este cuestionario, ninguna pregunta ha obtenido un porcentaje de acierto menor al 35 %.

Electricidad y Magnetismo			
Ítem	Nº Aciertos	Total	Porcentaje aciertos
1	85	97	87,6 %
2	37		38,1 %
3	62		63,9 %
4	53		54,6 %
5	81		83,5 %
6	89		91,8 %
7	51		52,6 %
8	67		69,1 %
9	55		56,7 %
10	46		47,4 %

Cuadro 9: Número de aciertos y porcentaje de acierto de cada ítem en los cuestionarios previos realizados en las experiencias de electricidad y magnetismo.

En el Cuadro 10 se muestran los resultados obtenidos en el cuestionario previo del tema de oscilaciones y ondas. Las preguntas 2 y 4 se refieren al periodo de oscilación de una masa que oscila al extremo de un muelle y a su energía

respectivamente (ver Apéndice A.4).

Oscilaciones y ondas			
Ítem	Nº Aciertos	Total	Porcentaje aciertos
1	29	36	80,6 %
2	6		16,7 %
3	32		88,9 %
4	9		25,0 %
5	29		72,2 %
6	21		58,3 %
7	29		80,6 %
8	21		58,3 %
9	23		63,9 %
10	36		100,0 %

Cuadro 10: Número de aciertos y porcentaje de acierto de cada ítem en los cuestionarios previos realizados en las experiencias de oscilaciones y ondas. Se indica en negrita las preguntas que tuvieron menos del 35 % de acierto.

En el Cuadro 11 se muestran los resultados obtenidos en el cuestionario previo del tema de óptica y física moderna. La pregunta 9 se refiere a la energía de los electrones dentro de un átomo (ver Apéndice A.5).

Óptica y Física Moderna			
Ítem	Nº Aciertos	Total	Porcentaje aciertos
1	45	67	67,2 %
2	60		89,6 %
3	50		74,6 %
4	32		47,8 %
5	32		47,8 %
6	45		67,2 %
7	40		59,7 %
8	43		64,2 %
9	21		31,3 %
10	41		61,2 %

Cuadro 11: Número de aciertos y porcentaje de acierto de cada ítem en los cuestionarios previos realizados en las experiencias de óptica y física moderna. Se indica en negrita las preguntas que tuvieron menos del 35 % de acierto.

A la vista de los resultados de los Cuadros 7, 8, 9, 10 y 11, se han sometido a un análisis más en profundidad aquellos ítems con un porcentaje de acierto menor al 35 %, ya que se ha considerado que es lo suficientemente bajo como para considerar la opción de que existan preconceptos erróneos en dichas cuestiones.

Así, se ha estudiado el número de alumnos que se han decantado por cada una de las distintas opciones en dichos ítems y se ha representado el Cuadro 12, donde se muestran pormenorizados los resultados sobre las preguntas del cuestionarios previos con porcentajes de acierto menor del 35 %. (Ver Apéndice A.1 a A.5)

En la Sec. 6.2 se van a analizar estos resultados en relación con los preconceptos equivocados.

Fluidos			
Ítem	a	b	c
2	14,6 %	54,5 %	30,9 %
9	28,2 %	26,3 %	45,5 %
Mecánica			
Ítem	a	b	c
1	22,2 %	27,4 %	50,4 %
5	5,3 %	64,6 %	29,2 %
10	32,7 %	34,5 %	31 %
Oscilaciones y ondas			
Ítem	a	b	c
2	16,7 %	61,1 %	22,2 %
4	25 %	25 %	50 %
Óptica y física moderna			
Ítem	a	b	c
9	50,7 %	31,3 %	13,4 %

Cuadro 12: porcentaje de elección de los alumnos en aquellos ítems con un porcentaje de acierto menor al 35 %. Se muestran el número de alumnos que han seleccionado cada una de las opciones de cada ítem y se ha sombreado las elecciones de la respuesta correcta en cada caso.

6. Discusión

En el presente trabajo se han establecido dos objetivos. En primer lugar, se ha estudiado si las experiencias de cátedra contribuyen a mejorar el aprendizaje de los alumnos en distintas ramas de la física. En segundo lugar, se han identificado las ideas previas erróneas que presentan los alumnos en dichas ramas para, en base a estas, proponer nuevas estrategias de aprendizaje que fomenten su eliminación.

En los siguientes apartados se analizarán y discutirán los resultados obtenidos relativos a estos dos objetivos, con el fin de evaluar la efectividad de las experiencias de cátedra en asignaturas de física en la educación secundaria y determinar si realmente resulta necesario el conocimiento por parte de los docentes de las ideas previas de los alumnos.

6.1. Experiencias de cátedra

En los cuestionarios de fluidos para los alumnos de 4º de E.S.O. se observa una clara mejoría entre el cuestionario previo y el posterior. En el cuestionario previo los alumnos han obtenido una calificación media de 4,5, y, tras la sesión de experiencias, obtuvieron un 6,66. Sin embargo, la desviación estándar es más elevada en el cuestionario posterior, lo que quiere decir que la distribución de las calificaciones es más ancha, es decir, no todos los alumnos mejoraron tras la sesión de experimentos, aunque sí la mayor parte de ellos.

En el análisis estadístico se obtuvo una no normalidad de las distribuciones, por lo que la aplicación del test de Levene no fue necesaria y el método de la *t* de Student no fue posible. Se aplicó, por tanto, el método de la *W* de Wilcoxon, obteniéndose como resultado un *p*-valor menor a 0,001, con lo que podemos afirmar que con muy alta probabilidad las distribuciones de calificaciones previa y posterior son distintas, luego los alumnos han mejorado significativamente sus conocimientos en este campo tras la sesión de experimentos.

En las experiencias de mecánica para los alumnos de 1º de bachillerato la mejoría ha sido muy notable. La calificación promedio en el cuestionario posterior fue de 8,5, en contraste con el 5,38 de promedio en el cuestionario previo.

Además, la desviación estándar es menor para la nota posterior, luego estos alumnos han mejorado más homogéneamente que en la temática de fluidos, obteniendo todos ellos calificaciones entre el 6 y el 10.

Esta mejoría nos la ha confirmado posteriormente el análisis estadístico. Tras obtener nuevamente una no normalidad, el método de la W de Wilcoxon nos ha calculado un p-valor menor de 0,001, luego podemos afirmar que las diferencias entre las dos distribuciones de calificaciones son significativamente distintas y, por lo tanto, los alumnos han mejorado tras la sesión de experiencias de mecánica.

Los resultados de las experiencias de electricidad y magnetismo para los alumnos de 2º de bachillerato han sido también positivos. La nota media en los cuestionarios previos ha sido de 6,35, y ha aumentado hasta un 7,87 en los posteriores.

Aunque la gran mayoría de los alumnos han obtenido calificaciones por encima del 6 en el cuestionario posterior, la desviación estándar es bastante elevada, y no todos los alumnos han mejorado con respecto al cuestionario previo.

Tras obtener una no normalidad de las distribuciones, el método de la W de Wilcoxon ha confirmado de que hay diferencias significativas entre las distribuciones de calificaciones previa y posterior, obteniéndose un p-valor menor de 0,001, luego los alumnos nuevamente han mejorado tras la sesión de experiencias de electricidad y magnetismo.

Los resultados de las sesiones de oscilaciones y ondas para los alumnos de 2º de bachillerato han sido, a la vista de los diagramas de barras correspondientes, notablemente positivos. En el cuestionario previo los alumnos obtuvieron un 6,47 de calificación media, logrando en el posterior un 8,81 con una desviación estándar menor y todas las calificaciones contenidas entre el 6 y el 10.

En el análisis estadístico se obtuvo un p-valor para el método de la W de Wilcoxon menor a 0,001, por lo que se puede afirmar que los alumnos mejoran de manera significativa tras la sesión de experiencias de oscilaciones y ondas.

Por último, los resultados para las sesiones de óptica y física moderna no son los que cabría esperar a la vista de los resultados anteriores. Atendiendo a la

nota media, los alumnos han aumentado 0,25 puntos en el cuestionario posterior con respecto al previo, pasando de un 6 a un 6,25, y la desviación estándar es algo menor en el cuestionario posterior. Sin embargo, el análisis estadístico nos indica que esta mejoría no es significativa. Tras la comprobación de la no normalidad, el método de la W de Wilcoxon nos proporciona un p-valor de 0,356, superior al 0,05 que se ha definido como límite. Esto quiere decir que la mejoría observada es debida al azar y que las muestras no se pueden considerar diferentes. Por tanto, los alumnos no han mejorado tras la sesión de experiencias de óptica y física moderna.

6.2. Preconceptos

A partir de los cuestionarios previos tipo test de las distintas sesiones del Torreón de la Física de Cartes y del Aula Espacio Tocar la Ciencia, se han analizado los preconceptos que presentan los alumnos en los distintos cursos de educación secundaria.

La metodología seguida para el análisis ha sido el estudio del porcentaje de alumnos que respondía acertadamente cada ítem de los cuestionarios (ver Cuadros 7, 8, 9, 10 y 11). En todos ellos, se ha considerado que aquellos ítems con menos del 35 % de acierto deberían ser analizados con más profundidad y resultaba conveniente estudiar por cuál de las 3 opciones se decantan en mayor medida los alumnos. De esta manera, en el Cuadro 12 se ha tabulado el número de alumnos que han seleccionado cada una de las 3 opciones en dichos ítems.

A la vista de los resultados, se puede concluir que los alumnos de 4º de E.S.O. no tienen claro el punto de aplicación del empuje, como indica el ítem 2 del cuestionario de fluidos. Sólo el 30,9 % de los alumnos encuestados han seleccionado la respuesta correspondiente al centro de masas del fluido desalojado. El 54,5 % de los alumnos creen que el punto de aplicación es un punto intermedio entre éste y la superficie del fluido.

Tampoco tienen asimilado el principio de Torricelli, como se puede ver en el ítem 9 de este mismo cuestionario. Tienden a pensar (50,4 % de los casos) que la

velocidad de salida de un líquido por un orificio dentro de un recipiente depende, además de la profundidad del orificio y la gravedad, de la densidad del líquido. Este principio resulta paradójico para los alumnos, ya que, en el caso de un líquido con mayor densidad, la masa que se pone en movimiento es mayor y, por consiguiente, cabría esperar que la velocidad de salida fuera menor en este caso. Sin embargo, se comprende fácilmente si se considera que la fuerza que expulsa el líquido por el orificio es creada por la parte de éste situada a un nivel más alto que el orificio. Si el líquido tiene mayor densidad, será más pesado, y por tanto esta fuerza será mayor que en el caso de un líquido más ligero.

Puesto que los resultados de los alumnos en los cuestionarios posteriores de fluidos demuestran que, gracias a las experiencias de cátedra, estos preconceptos equivocados son eliminados, en este trabajo se van a proponer una serie de experimentos sencillos que pueden ser realizados por el profesor dentro del aula que consigan desmontar estas ideas previas erróneas que poseen los alumnos y que, por medio de únicamente explicaciones teóricas, no sería posible su eliminación.

En concreto, el concepto de empuje y su punto de aplicación no aparece muy claro en los libros de texto de secundaria. El empuje viene del hecho de que la presión en un fluido, que se ejerce en todas las direcciones (principio de Pascal), aumenta con la profundidad. De este modo, si tomamos un determinado volumen de fluido como se muestra en la Figura 11a, existirá una fuerza neta de desequilibrio hacia arriba.

Puesto que este volumen de fluido está en equilibrio, la suma de las presiones ejercidas sobre él constituyen una fuerza que ha de ser igual y opuesta a su peso, y ambas fuerzas estarán aplicadas sobre el centro de masas de dicho volumen de fluido (Figura 11c). Al introducir dentro del fluido un cuerpo sólido de igual volumen, éste experimentará el mismo entorno de presión (Figura 11b). Se deduce, por tanto, que la fuerza del empuje sobre el objeto sólido es igual al peso del fluido desalojado (principio de Arquímedes) y que, además, el punto de aplicación del empuje será el centro de masas del volumen de fluido desalojado.

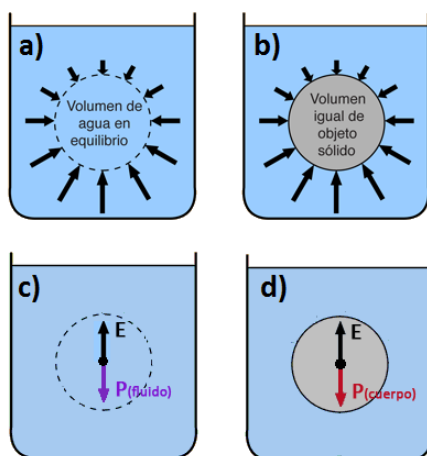


Figura 11: a) Presión ejercida en un fluido sobre un determinado volumen. b) Presión ejercida en un fluido sobre un objeto sólido. c) Fuerzas existentes sobre un volumen de fluido en equilibrio. d) Fuerzas existentes sobre un objeto sólido sumergido en un fluido.

Un experimento relacionado con el empuje y, en concreto, con el punto de aplicación de éste, podría consistir en sumergir un tubo lacrado, en el que se ha introducido un material pesado en uno de sus extremos, dentro de un fluido, como se muestra en la Figura 12. En esta situación, el empuje sobre el tubo tendrá su punto de aplicación en el centro de masas del volumen de fluido desalojado, mientras que el peso estará aplicado sobre el centro de masas del material pesado (suponiendo la masa del tubo despreciable). De esta manera, si se introduce el tubo con el material pesado en el fondo, las fuerzas quedarán como en la Figura 12a, y el tubo se encontrará en una situación de equilibrio estable. Sin embargo, si se introduce el tubo con el material en la parte superior, (Figura 12b) se encontrará en una situación de equilibrio inestable y se volteará de manera que regrese de nuevo a la posición de la situación anterior.

En el caso de los alumnos de 1º de bachillerato, tras el análisis del cuestionario previo de mecánica, se observa, en el ítem 1, que los alumnos no tienen claro el concepto de centro de masas como punto geométrico que dinámicamente se comporta como si en él estuviera aplicada la resultante de las fuerzas externas al sistema y que puede estar tanto dentro como fuera del cuerpo. Solo el 27,4 %

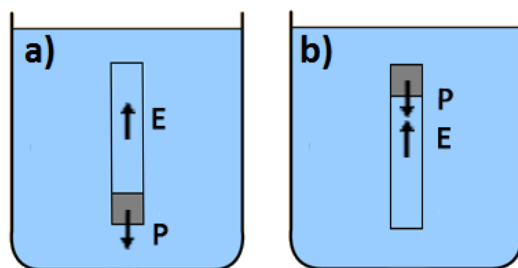


Figura 12: Representación de las fuerzas existentes sobre un tubo lacrado que contiene un material pesado en uno de sus extremos al ser introducido dentro de un fluido en dos posiciones diferentes. a) Empuje por encima de peso (equilibrio estable). b) Empuje por debajo de peso (equilibrio inestable)

de los alumnos seleccionó la respuesta correcta, frente a un 50,5 % que seleccionaron la respuesta c, situando el centro de masas dentro del cuerpo.

A través del ítem 5 de este mismo cuestionario se hace evidente la existencia de un problema de comprensión de la Tercera Ley de Newton. Se puede observar que solo el 29,2 % de los alumnos comprenden y aplican la Tercera Ley de Newton a una situación de la vida cotidiana, entendiendo que, en la situación mencionada en el ítem, la fuerza que la bola de papel ejerce sobre nosotros será de igual magnitud y sentido contrario que la que efectuamos nosotros sobre la bola. El 64,6 % de los alumnos creen que existe una fuerza de reacción a la fuerza aplicada sobre la bola pero ésta es de menor magnitud, un error esperable si sólo se tienen en cuenta la magnitud de las repercusiones de ambas fuerzas. Como puede verse en el ítem 10, solo el 31 % de los alumnos encuestados entiende correctamente la caída de graves. El 34,5 % de ellos creen que la bola de plomo llegará al suelo primero debido a que su masa es mayor, y el 32,7 % creen que ambas bolas llegarán a la vez. En el primer caso, los alumnos no tienen claro que la fuerza de la gravedad es directamente proporcional a la masa del objeto, luego, como la aceleración producida es igual a la fuerza dividida entre la masa, ésta será la misma para todos los objetos. En el segundo caso esto sí lo tienen claro, pero sin embargo les queda por comprender el efecto de la fuerza de rozamiento con el aire, que se opone a este movimiento y cuyo efecto será más notorio cuanto menor sea la masa del objeto.

A la vista de los resultados de los alumnos en los cuestionarios posteriores de

mecánica, se hace evidente que, por medio de las experiencias de cátedra, se consiguen eliminar estos preconceptos equivocados. Por este motivo, se va nuevamente a proponer una serie de experimentos sencillos, realizables en el aula, con el objetivo de desmontar estas ideas previas erróneas.

Para una mejor comprensión del centro de masas de un sólido, se propone la siguiente experiencia, representada gráficamente en la Figura 13:

Al suspender un cuerpo de un punto cualquiera con una cuerda, éste se hallará en equilibrio bajo la acción de la tensión de la cuerda y el peso del objeto. Ambas fuerzas tienen como recta soporte la recta definida por la cuerda y, al estar aplicadas sobre el centro de masas del cuerpo, resulta evidente que este centro de masas se encuentra en algún punto de dicha recta.

De este modo, si se repite el experimento suspendiendo el cuerpo por otro punto diferente al anterior, el punto en el que concurran las dos rectas soporte se corresponderá con el centro de masas del cuerpo.

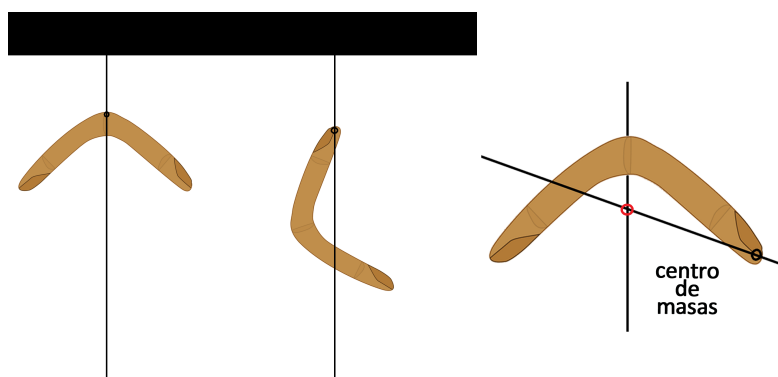


Figura 13: Representación gráfica del experimento para la determinación del centro de masas de un boomerang por medio de su suspensión en una cuerda en dos puntos diferentes.

Mediante este experimento, se hace posible la visuliazación por parte de los alumnos de que el centro de masas de un objeto puede ser un punto exterior a dicho objeto. El sistema formado por toda la masa del cuerpo concentrada en el centro de masas es un sistema equivalente al original, es decir, el centro de masas es el punto representativo del movimiento de todo el cuerpo, como puede verse en la Figura 14.

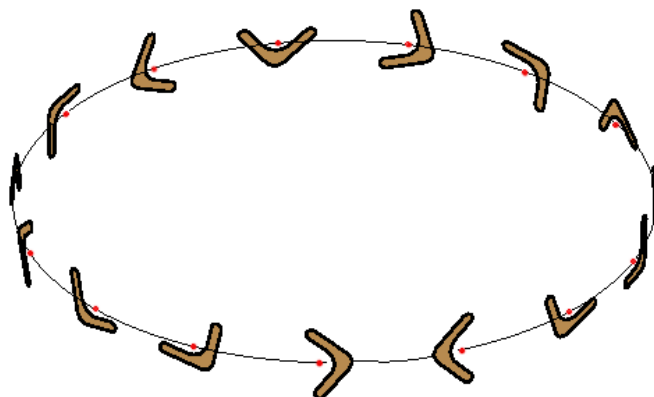


Figura 14: Representación gráfica del movimiento de un boomerang, donde la trayectoria está descrita por el centro de masas de éste, a la vez que el boomerang como un todo gira alrededor de su centro de masas.

Para una mejor comprensión de la Tercera Ley de Newton, se propone explicar a los alumnos el funcionamiento de un dinamómetro y, una vez hecho esto, colocar dos dinamómetros con sus extremos unidos y aplicar una fuerza para separarlos, como se muestra en la Figura 15. De esta manera, los alumnos podrán

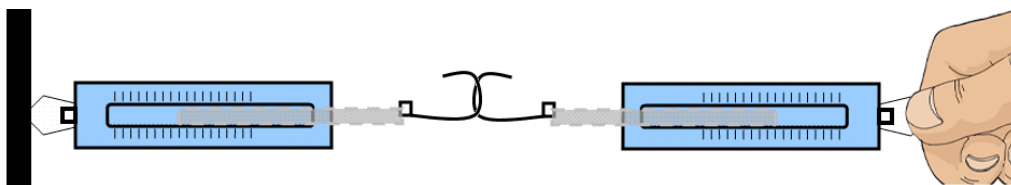


Figura 15: Representación gráfica del experimento para la visualización de la Tercera Ley de Newton por medio de dos dinamómetros unidos por sus extremos.

visualizar las fuerzas de acción y reacción y, además, determinar su valor.

Otro experimento más llamativo podría consistir en un coche propulsado por un globo, como se muestra en la Figura 16. El aire es expulsado por la fuerza que el caucho del globo ejerce sobre él. Y, por la Tercera Ley de Newton, el aire ejerce una fuerza igual y de sentido contrario sobre el globo que, al estar unido al coche, lo impulsa en dirección contraria a la salida del aire. El proceso global se resume mediante el principio de conservación del momento lineal: el momento lineal del coche, que incluye el caucho del globo, es igual y de sentido contrario al momento lineal del aire. Mediante este experimento se hace visible que la acción y la

reacción se dan de manera simultánea, ya que, cuando el globo se deshincha, el coche se detiene (exceptuando una leve inercia).

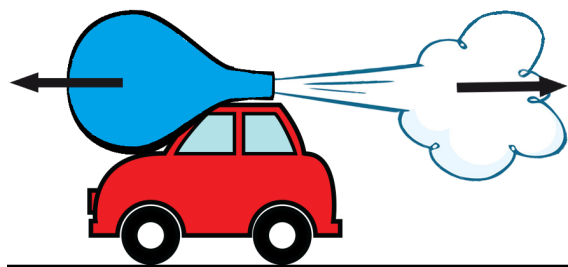


Figura 16: Representación gráfica de un coche propulsado por un globo para la visualización de la Tercera Ley de Newton. El momento lineal del coche más el globo es igual y de sentido contrario al momento lineal del aire expulsado.

Para demostrar a los alumnos que la aceleración de los cuerpos en caída libre en el vacío tiene que ser la misma sin importar el peso de los objetos, se podría explicar el desarrollo lógico utilizado por Galileo Galilei, partiendo de la base equivocada de que los objetos más pesados caerán con mayor velocidad con el fin de llegar a una contradicción. Este desarrollo consiste en lo siguiente: supongamos dos cuerpos, el primero con el doble de masa que el segundo, como se muestra en la Figura 17a. Ahora, interpretemos al primer objeto como dos de los segundos objetos unidos de alguna forma (Figura 17b) entonces la aceleración del objeto más pesado debería ser la misma que la de cada uno de los dos objetos más ligeros, puesto que si no fuera así entonces un cuerpo debería caer a diferentes velocidades dependiendo de si lo vemos como un solo objeto o como sus partes unidas. El mismo argumento se podría utilizar en el caso de separar la piedra más pesada en dos mitades, como se muestra en la Figura 17c. Una tercera posibilidad de obtener una contradicción si se razona que un cuerpo más pesado cae más rápido que uno ligero es unir un cuerpo pesado a un cuerpo ligero. El cuerpo conjunto cae (a) más despacio que el pesado, pues el ligero frena al pesado o (b) más rápido, pues ahora es más pesado que el primero.

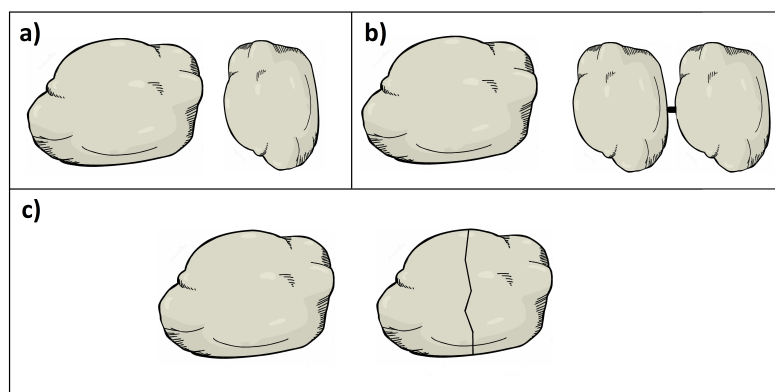


Figura 17: Ejemplos utilizados en el razonamiento de Galileo sobre la caída de graves.

En cuanto a los alumnos de 2º de bachillerato, a través del cuestionario de oscilaciones y ondas se ha podido observar, en el ítem 2, que los alumnos tienden a creer que existe una relación entre el periodo de oscilación de una masa que oscila al extremo de un muelle y la aceleración de la gravedad. En concreto, creen que éste es mayor según mayor es la gravedad. Es posible que este problema se deba a una confusión entre éste y el periodo de un péndulo, el cual sí depende de la gravedad.

En el ítem 4, se ha observado que los alumnos no tienen claro el principio de conservación de la energía mecánica en un movimiento oscilatorio, y, en la mayor parte de los casos, los alumnos consideran que la energía de una masa que oscila al extremo de un muelle es igual a la energía elástica en la posición de mínima amplitud. El problema parece estar en la no comprensión del concepto de energía elástica de un muelle, en concreto, en el desconocimiento de que dicha energía es nula en la posición de equilibrio y máxima en la posición de máxima amplitud.

Los conceptos de oscilaciones y ondas son poco intuitivos y, a la vista de los resultados de los alumnos en los cuestionarios posteriores de oscilaciones y ondas, se ha demostrado que las experiencias de cátedra han favorecido su mejor comprensión. Sería, por tanto, conveniente la visualización en el aula del movimiento que experimenta un cuerpo unido al extremo de un muelle colocado en posición tanto horizontal como vertical, con el fin de desmontar la idea que tienen de que el periodo del péndulo depende de la gravedad. También, sería de gran

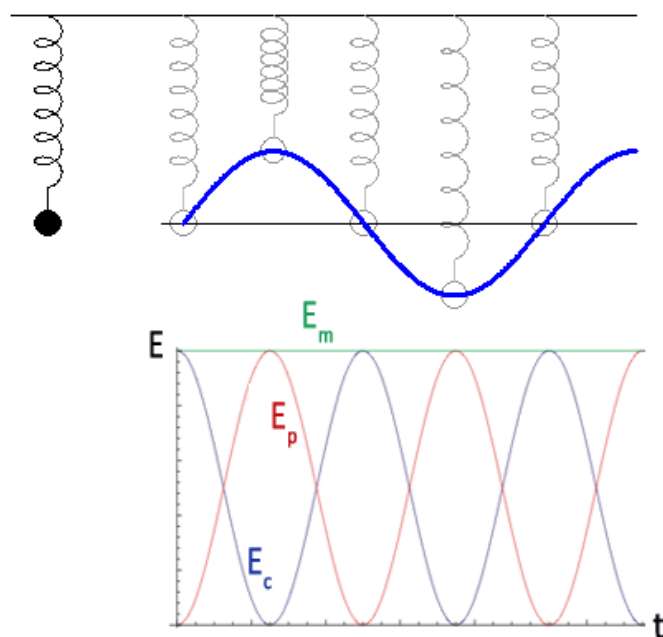


Figura 18: Movimiento descrito por un cuerpo unido al extremo de un muelle y evolución de las energías cinética y potencial elástica del sistema.

utilidad el análisis de su movimiento con ayuda de un gráfico en el que se represente la energía mecánica del sistema y la transformación de energía cinética en potencial elástica y viceversa, insistiendo en el principio de conservación de la energía, como se muestra en la Figura 18.

Por último, a través del cuestionario de óptica y física moderna, en el ítem 9 se observa que la mitad de los alumnos consideran que el espectro atómico es continuo, hecho que la vida cotidiana y la intuición dice que así es. Sin embargo, en el mundo atómico surge la discretización de la energía. Solo el 31,3% de los alumnos respondió correctamente a este ítem. Quizás este hecho sea debido a que el modelo atómico de Bohr se estudia en la asignatura de Química y no en Física.

La no mejora significativa en las experiencias de cátedra y los pocos preconcep-tos equivocados en óptica y física moderna se debe probablemente a que los alumnos de 2º de bachillerato se han de preparar estos temas para la prueba de acceso a la universidad, por lo que son temas que ya han tratado en profundidad.

A pesar de esto, sí resulta conveniente la realización de un experimento sencillo que ponga en evidencia la discretización de la energía dentro del átomo.

Este experimento consistirá en la observación del espectro de emisión de una lámpara de tipo fluorescente. Estas lámparas contienen vapor de mercurio en su interior, de manera que, cuando se hace pasar una corriente de electrones libres desde un extremo del tubo al otro, estos chocan en su camino contra los átomos de mercurio, transfiriéndoles a sus electrones su energía. Estos electrones, al desexcitarse, emiten un fotón con una longitud de onda determinada. Las longitudes de onda son muy precisas, se pueden visualizar como distintos colores en el espectro visible en forma de líneas y caracterizan a cada elemento químico, ya que dependen de la configuración de sus electrones.

En el caso de la lámpara fluorescente, el vapor de mercurio emite dos líneas espectrales que caen en el ultravioleta, y, por lo tanto, son invisibles a nuestros ojos. Por este motivo, el interior de dichas lámparas está recubierto de sustancias químicas que absorben dicha radiación y la emiten después en paquetes de radiación de menor energía (menor longitud de onda). En esto consiste el fenómeno de la fluorescencia.

Para observar dicho espectro de emisión, es necesario disponer de una red de

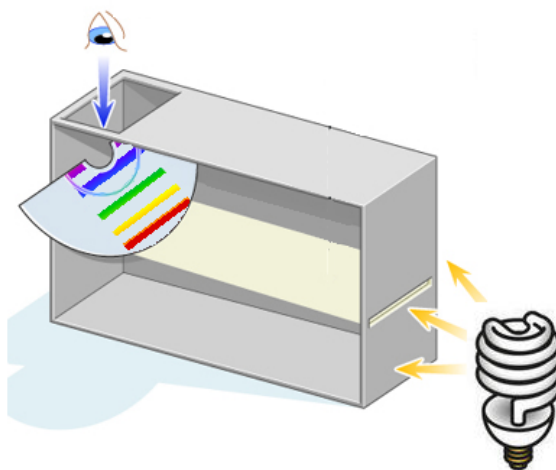


Figura 19: Contrucción de un espectrómetro sencillo con una caja, un CD y una lámpara fluorescente

difracción, ya que la interacción de los pequeños surcos de la red con las ondas de luz hace que los distintos colores se reflejen en direcciones diferentes y se

pueda observar el espectro. Un CD, al tener una serie de surcos grabados en su superficie, se comporta de manera similar a una red de difracción y podrá ser utilizado para este experimento.

De esta manera, iluminando la superficie de un CD con la luz proveniente de una lámpara fluorescente, se puede observar el espectro discreto, como se observa en la Figura 19.

7. Conclusiones

A la vista de todos los resultados analizados y como conclusión final, se puede decir que se ha alcanzado el primer objetivo de este trabajo, puesto que se ha demostrado que las experiencias de cátedra contribuyen a mejorar el aprendizaje de los alumnos en las distintas ramas de la física.

En el caso de las sesiones de óptica y física moderna, aunque la diferencia entre las calificaciones previa y posterior no haya sido significativa debido a que es un tema que los alumnos de 2º de bachillerato tratan en profundidad dada la cercanía de las pruebas de acceso a la universidad, se han de tener en cuenta el resto de ventajas pedagógicas que presentan las experiencias de cátedra: aumento de la motivación del alumno, mejora de la relación profesor-alumno, fomento de la interacción de los alumnos más pasivos, etc.

Del estudio de las ideas previas se puede concluir que se han detectado los errores más típicos que presentan los alumnos en el aprendizaje de las distintas ramas de la física en educación secundaria. Se ha observado que el tema de mecánica es la fuente más importante de preconceptos, pues también son las experiencias más cotidianas y abundantes, seguida del tema de fluidos, relativamente cotidiano, y el de oscilaciones y ondas, ya que son estos los temas que los alumnos más visualizan a lo largo de la experiencia cotidiana, y son reforzados por el lenguaje común, más impreciso, que refuerza ideas inadecuadas y aprendizajes inapropiados. Si la primera vez que se observa un fenómeno por parte de un niño, éste le da una explicación equivocada, probablemente la mantenga mucho tiempo, no consiguiendo eliminarla hasta que se le hacen experiencias de cátedra programadas.

Del análisis de los resultados obtenidos en este trabajo, es tentativamente posible concluir que la realización de cuestionarios previos por parte de los profesores antes de comenzar el desarrollo de un tema importante de física, es una herramienta válida para conocer los preconceptos equivocados por parte de sus alumnos sobre dicho tema. El conocimiento explícito de dichos preconceptos erróneos, permitirá al profesor orientar la posterior docencia del tema al efecto de eliminar dichos errores, particularmente, proponiendo ejemplos y realizando

experimentos clave, específicamente diseñados para lograrlo.

A la vista de la presencia de estos errores conceptuales y el conocimiento de sus causas y de sus propiedades, así como de las evidentes ventajas que presentan las experiencias de cátedra, se hace evidente la necesidad de un cambio en la forma de impartir docencia, fomentando un aprendizaje significativo frente al tradicional o memorístico. No se pretende sustituir el modelo de enseñanza empleado sino complementarlo con experiencias en el aula que consigan modificar las ideas previas de los alumnos y sustituirlas por las ideas y conceptos aceptados por la comunidad científica.

8. Agradecimientos

Me gustaría expresar mi agradecimiento a Julio Güémez, director de este trabajo; a Ana Isabel Diego García, responsable del Torreón de la Física de Cartes, por su colaboración en la recogida de datos, su buena disposición y por toda la ayuda prestada; a José Miguel Ruiz Sordo, responsable del Aula Espacio Tocar la Ciencia, por su colaboración en la recogida de datos; y, por último, a Juan Antonio Cuesta, profesor del departamento de Matemáticas de la Universidad de Cantabria, por su ayuda con el análisis estadístico.

Referencias

Barón, F. y Téllez, F. (2004), Apuntes de Bioestadística. Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública y Departamento de Matemática Aplicada. Universidad de Málaga.

Beltrán, J. (1987). Psicología de la educación. EUDEMA: Madrid.

Compiani, M. (1998), Ideas previas y construcción de conocimiento en el aula. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.

Fernández, J.M. (1987), Estudio del grado de persistencia de ciertos preconceptos sobre la estática de fluidos en alumnos del 2º curso del BUP. Investigación y experiencias didácticas.

Herrán, A. de la (2011). Técnicas didácticas para una enseñanza más formativa. En N. Álvarez Aguilar y R. Cardoso Pérez (Coords.), Estrategias y metodologías para la formación del estudiante en la actualidad. Camagüey (Cuba): Universidad de Camagüey.

IPhO. (2012). International Physics Olympiads. An annual competition for secondary school students. Recuperado de www.jyu.fi/tdk/kastdk/olympiads/

Julve, J. (2003). España y las Olimpiadas de ciencias. IMAFF, CSIC.

López, J y Bernal, M. (s,f). La influencia del modelo universitario en la enseñanza de las ciencias experimentales en Secundaria. Departamento de Teoría e Historia de la Educación Y Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia.

MEC. (2006). Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. BOE,106:17158 -17207

MEC. (2007a). REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. BOE, 5:677 -773.

MEC. (2007b). REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. BOE,266:45381 -45477

MEC. (2013) Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. BOE,295:97858-97921

MECD. (2012). TIMSS 2011. Marcos de la evaluación

MECD. (2013a). PIRLS - TIMSS 2011. Estudio Internacional de progreso en comprensión lectora, matemáticas y ciencias. IEA. Volumen I Informe Español.

MECD. (2013b). PISA 2012. Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos. Informe Español.

MECD. (2013c). PISA 2012. Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos. Ineee.

Moore, D. (2005). Estadística aplicada básica. New York: Feeman and Co.

OCDE. (2014). Resultados de PISA 2012.Lo que los alumnos saben a los 15 años de edad y lo que pueden hacer con lo que saben.

Rábago, D. (2015). Las experiencias de cátedra y las ideas previas de los alumnos en la enseñanza de la Física. Universidad de Cantabria.

Redondo, M. (s,f). *Enseñanza de la Física y la Química en Europa: Análisis comparativo de los Sistemas Educativos*, IES Arquitecto Peridis. Av. Alemania, 8 28916-Leganés

Redondo, M. y Gómez, E. (2006). La cultura científica y las ciencias para el mundo contemporáneo. Real Sociedad Española de la Química. An. Quim. 102(3), 59-62.

Riveros, H. (1995). El papel del laboratorio en la enseñanza de la física en el nivel medio superior. Perfiles Educativos, núm. 68. Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación. México.

RSEFQ. (2006). Sobre la situación de la Física y la Química en la Educación Secundaria.

Slisko, J. (2005). Errores en los libros de texto de física: ¿cuáles son y por qué persisten tanto tiempo?. Instituto tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. Revista Electrónica Sinéctica, núm. 27. México.

Vázquez, J., García, E. y González, P. (1994) Departamento de Física Aplicada, Universidade de Vigo. Lagoas-Marcosende, 9.36280 Vigo.

A. Apéndice: Protocolo de Experiencias

A.1. Fluidos (Torreón de la Física de Cartes)

Principio de Arquímedes

Empuje.

Bola con resorte.

Cilindro y cilindro hueco.

Vaso con plomos.

Ley de Boyle

Ley de Boyle con aire.

Experiencias en cámara de vacío.

Hemisferios de Magdeburgo.

Algunos trucos con botellas.
Presión del aire en globos de caucho.
Principio de Pascal.
Principio de Bernoulli
Bolas en pipas de madera.
Bola en embudo.
Plato con alas en flujo de aire.
Experiencia Torricelli.
Experimento del vaso invertido.
Aerógrafo de boca.
Buzo de Descartes
Empuje.
Flotabilidad, hundimiento, permanencia en el fondo.
Tubo que no asciende.
Profundidad de no retorno.

A.2. Mecánica (Torreón de la Física de Cartes)

Primera Ley de Newton. Principio de Inercia
Inercia del reposo:
Vaso sobre mantel.
Moneda y cartulina sobre boca de probeta.
Pila de monedas.
Paradoja de las bolas.
Inercia del movimiento
Experiencia de Galileo.
Bola en carril metálico.
Bola en tubo de plástico enrollado.
Distinguir entre huevo cocido y huevo crudo.
El papel del rozamiento:
Experimento con peonza de resorte.
Mesa de aire.
Bola magnética flotante.

Peonza perpetua.

Segunda Ley de Newton

Fuerza gravitatoria:

Caída de graves.

Fuerza eléctrica:

Barras sobre soportes giratorios que son frotadas.

Fuerza Magnética:

Interacción entre imanes.

Fuerzas de contacto:

Desplazar un objeto con el dedo. Fuerzas de rozamiento:

Paradoja mecánica.

Caída de graves.

Ley de Hooke.

Fuerzas de rozamiento estático y dinámico.

Péndulos.

Péndulos resonantes.

Tercera Ley de Newton

Acción y reacción.

Bola flotante sobre sensor de fuerzas.

Coche con globos.

Helicóptero de globo.

Coche eléctrico con ventilador y vela.

Destrucción y creación de Energía Mecánica

Rebote de pelotas.

Molinete térmico.

Máquina de Herón.

A.3. Electricidad y Magnetismo (Torreón de la Física de Car- tes)

Electrostática

Frotamiento de ámbar.

Tubo electrostático.

Frotamiento de barras de ámbar y barras de vidrio.
Inducción: Globo metálico.
Inducción. Chorro de agua que se dobla.
Midiendo la electricidad: electroscopio.
Electróforo de Volta: transportando electricidad.
Produciendo electricidad: máquina de Winshurst.
Máquinas electrostáticas: obtención de trabajo mecánico.
Experimentos con el generador Van de Graaff.

Imanes

Piedra imán.
Brújulas.
Experiencias de Gilbert.
Relación electrostática y magnetostática.

Pilas electroquímicas

Pila de Volta.

Experiencias de Oersted, Faraday

Experiencia de Oersted.
Ley de Biot y Savart.
Ley de Ampere.
Experiencia de Faraday.
Ley de Inducción de Faraday:
Experiencia de Henry.
Transformadores.

Ley de Lenz

Imanes en bobinas.
Imán en tubo de cobre.

A.4. Oscilaciones y Ondas (Aula Espacio Tocar la Ciencia)

Equilibrios

Estable, inestable, indiferente.

Péndulos

Péndulo matemático.

Péndulo físico.

El péndulo como un péndulo físico.

Péndulo de gravedad variable.

Ley de Hooke

Péndulo de resorte.

Muelles horizontales en carril sin rozamiento.

Resonancia.

Ondas estacionarias transversales

Armónicos en una cuerda.

Ondas estacionarias longitudinales

Ondas en muelles.

Ondas sonoras.

Cubeta de ondas

Producción de ondas.

Propagación de ondas.

Fenómenos de interferencia.

Ondas luminosas

Interferencias: rendija y doble rendija.

A.5. Óptica y Física Moderna (Aula Espacio Tocar la Ciencia)

La luz como energía

La temperatura de una vela.

Temperatura de un mechero Bunsen de butano.

Temperatura de un filamento de hierro.

Temperatura de una barra de grafito.

Temperatura del Sol.

Placa fotoeléctrica.

Radiómetro.

Pájaro bebedor de luz.

Óptica geométrica

Luz láser.

Ley de Snell de la reflexión. Espejos. Reflexión difusa

Espejos formando ángulo.

Formación de la imagen en un espejo. Reflexión de palabras.

Ley de Snell de la refracción. Índice de refracción. Representación geométrica. Principio de Fermat.

Ángulo límite. Fibra óptica.

El ojo como instrumento óptico. Tipos de lentes. Corrección de defectos visuales.

.

Óptica ondulatoria

Experiencias de Newton. Descomposición de la luz blanca. Arcoiris.

Experiencia del doble prisma de Newton. Recomposición de la luz blanca.

Polarización. Polarizadoras. La luz como onda electromagnética.

Difracción por una rendija. Interferencias.

Experiencia de Young. Difracción por doble rendija.

Cubeta de ondas. Interferencias.

Clores en superficies jabonosas.

Física moderna

Ruptura dieléctrica del aire. Máquina de Wimshurst.

Lámpara de plasma.

Transformador. Escalera de Jacob.

Espectros de gases enrarecidos.

Redes de difracción.

Rayos catódicos. Aparato de cruz de Malta.

Medida de la relación carga-masa del electrón. Aparato de Thomson.

Efectos ondulatorios en electrones. Aparato de la dualidad onda-corpúsculo en electrones.

Fluorescencia.

Fosforescencia.

A. Apéndice: Cuestionarios

A.1. Fluidos

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.
DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA.

Aula 'Espacio Tocar la Ciencia' y Torreón de la Física de Cartes
Sara Pérez Avelleira, Jose Miguel Ruiz Sordo, Ana Isabel Diego

CUESTIONARIO PREVIO. Fluidos

TIEMPO: 5 minutos

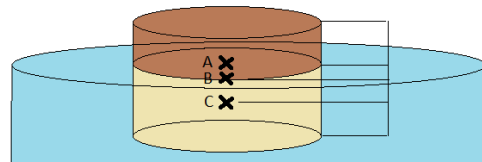
Colegio/IES.

1. El empuje hacia arriba que sufre un cuerpo sumergido en un líquido depende de

- (a) ☐ la densidad del líquido, el volumen del cuerpo y la gravedad
(b) ☐ la densidad del líquido y el volumen del cuerpo únicamente
(c) ☐ la densidad del cuerpo, el volumen del cuerpo y la gravedad

2. Si se tiene un cuerpo flotando parcialmente sumergido en un fluido, la fuerza del empuje se aplica sobre el punto

- (a) ☐ A
(b) ☐ B
(c) ☐ C



3. La condición necesaria para que un cuerpo homogéneo flote en un fluido es que la densidad del cuerpo sea

- (a) ☐ mayor que la del fluido
(b) ☐ menor que la del fluido
(c) ☐ igual que la del fluido

4. Si se tiene un recipiente que contiene un fluido, la presión que ejerce el fluido sobre el fondo del recipiente dependerá de

- (a) ☐ la densidad del fluido
(b) ☐ la densidad del fluido y la sección del recipiente
(c) ☐ la densidad del fluido y la forma del recipiente

5. En una prensa hidráulica como la de la figura, según el principio de Pascal, la presión p_2 ejercida sobre S_2 será

- (a) ☐ mayor a p_1
(b) ☐ igual a p_1
(c) ☐ menor a p_1



6. La presión atmosférica

- (a) ☐ es mayor en lo alto de una montaña que al nivel del mar
- (b) ☐ es igual en lo alto de una montaña que al nivel del mar
- (c) ☐ es menor en lo alto de una montaña que al nivel del mar

7. La Ley de Boyle establece una relación entre la presión y el volumen de un gas ideal que se expresa como:

- (a) ☐ $PV = cte$ independientemente de cómo varíe la temperatura
- (b) ☐ $PV = cte$ en condiciones de temperatura constante
- (c) ☐ $P/V = cte$

8. Según el Principio de Pascal, cuando se varía la presión en un punto de un recipiente cerrado que contiene un fluido

- (a) ☐ se experimenta la misma variación de presión en todos los puntos del fluido
- (b) ☐ la presión variará más en las zonas cercanas al punto en el que se ejerce la misma que en los lejanos
- (c) ☐ la presión en el resto de puntos del fluido no varía

9. Si se realiza un orificio en la pared de un recipiente que contiene un líquido, la velocidad a la que surge el líquido por el orificio dependerá de

- (a) ☐ la profundidad a la que se encuentre el orificio y la densidad del líquido
- (b) ☐ la profundidad a la que se encuentre el orificio y la gravedad
- (c) ☐ la profundidad a la que se encuentre el orificio, la densidad del líquido y la gravedad

10. Si se sumerge un cuerpo en un fluido, el cuerpo experimenta un empuje vertical y hacia arriba que es

- (a) ☐ igual al peso del fluido desalojado
- (b) ☐ igual al peso de la parte sumergida del cuerpo
- (c) ☐ igual al peso de la parte no sumergida del cuerpo

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.
DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA.

Aula 'Espacio Tocar la Ciencia' y Torreón de la Física de Cartes
Sara Pérez Avelleira, Jose Miguel Ruiz Sordo, Ana Isabel Diego

CUESTIONARIO POSTERIOR. Fluidos

TIEMPO: 5 minutos

Colegio/IES.

1. El empuje E que sufre un cuerpo de volumen V completamente sumergido en un fluido de densidad d a una profundidad h , cerca de la superficie de la Tierra, será

- (a) ☐ $E = \frac{d \cdot V}{g}$
(b) ☐ $E = d \cdot V \cdot g$
(c) ☐ $E = d \cdot V \cdot g \cdot h$

2. Si se tiene un cuerpo flotando parcialmente sumergido en un fluido, la fuerza del empuje de Arquímedes actúa sobre

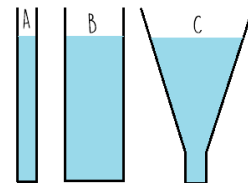
- (a) ☐ el centro de masas del cuerpo
(b) ☐ el centro de masas de la parte del cuerpo no sumergida
(c) ☐ el centro de masas del fluido desalojado

3. Si se sumerge un sólido homogéneo en un fluido, siendo la densidad del sólido mayor que la densidad del fluido,

- (a) ☐ el peso será mayor que el empuje y se hundirá
(b) ☐ quedará sumergido en equilibrio
(c) ☐ el empuje será mayor que el peso y flotará

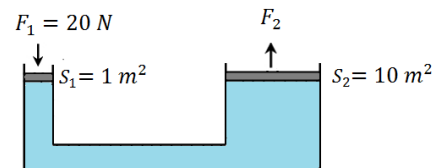
4. Se tienen 3 recipientes como los de la figura, los cuales contienen el mismo líquido. ¿En cuál de ellos se ejerce mayor presión sobre el fondo?

- (a) ☐ En el recipiente C
(b) ☐ En el recipiente B
(c) ☐ En todos ellos se ejerce la misma presión



5. En una prensa hidráulica como la de la figura, ¿Qué fuerza obtendremos en S_2 si sobre S_1 presionamos con una fuerza $F_1 = 20 \text{ N}$?

- (a) ☐ $F_2 = 20 \text{ N}$
(b) ☐ $F_2 = 200 \text{ N}$
(c) ☐ $F_2 = 2 \text{ N}$



6. Cuando se hace vacío entre los hemisferios de Magdeburgo, se debe ejercer una fuerza muy grande para separarlos debido a

- (a) ☐ el rozamiento que se crea en los bordes en contacto de ambos hemisferios
- (b) ☐ la presión que ejerce la atmósfera sobre la superficie externa de los hemisferios
- (c) ☐ la presión que ejerce el vacío sobre la superficie interna de los hemisferios

7. Según la Ley de Boyle, si al gas contenido en un cilindro cerrado por un émbolo se le recude el volumen a la mitad, la presión en su interior

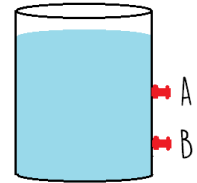
- (a) ☐ se duplica
- (b) ☐ se reduce a la mitad
- (c) ☐ no varía

8. En el Buzo de Descartes, si se ejerce presión sobre un punto del sistema, la presión hace que el tamaño de la burbuja de aire atrapada en el interior del diablillo

- (a) ☐ disminuya y el diablillo suba
- (b) ☐ aumente y el diablillo se hunda
- (c) ☐ disminuya y el diablillo se hunda

9. Se tienen dos orificios en la pared de un recipiente como el de la figura, que contiene un líquido, y se tapan con dos chinchetas. La velocidad a la que saldrá el líquido por el orificio una vez se retiren las chinchetas será

- (a) ☐ mayor en B
- (b) ☐ mayor en A
- (c) ☐ igual en ambos puntos



10. Si en un recipiente con agua hasta el borde se deja flotar un vaso de plástico con plomos en su interior, el peso del agua que ha rebotado será

- (a) ☐ mayor que el peso del vaso con plomos
- (b) ☐ menor que el peso del vaso con plomos
- (c) ☐ igual al peso del vaso con plomos

A.2. Mecánica

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.
DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA.

Aula ‘Espacio Tocar la Ciencia’ y Torreón de la Física de Cartes
Sara Pérez Avelleira, Jose Miguel Ruiz Sordo, Ana Isabel Diego

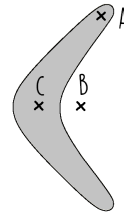
CUESTIONARIO PREVIO. Mecánica

TIEMPO: 5 minutos

Colegio/IES.

1. El centro de masas de un boomerang se encuentra aproximadamente en el punto

- (a) ☐ A
(b) ☐ B
(c) ☐ C



2. El enunciado “Un cuerpo permanece en reposo o se mueve con velocidad constante cuando la suma de las fuerzas que actúan sobre él es igual a cero” corresponde a

- (a) ☐ Primera Ley de Newton
(b) ☐ Segunda Ley de Newton
(c) ☐ Tercera Ley de Newton

3. Si se deja caer un cuerpo en caída libre a una determinada altura, el tiempo que tardará en tocar el suelo dependerá

- (a) ☐ de la masa del cuerpo y de la gravedad
(b) ☐ de la masa del cuerpo y de la altura
(c) ☐ de la altura y de la gravedad

4. Señale la expresión INCORRECTA:

- (a) ☐ El peso de un objeto es proporcional a su masa
(b) ☐ La masa y el peso se refieren a la misma magnitud física, solo que están expresados en unidades diferentes
(c) ☐ La masa es una propiedad de un solo objeto, mientras que el peso resulta de la interacción de dos objetos

5. Si damos una patada a una bola de papel

- (a) ☐ la única fuerza es la que ejercemos sobre la bola
(b) ☐ la bola ejerce una fuerza sobre nosotros en sentido contrario pero de menor magnitud que la que ejercemos nosotros sobre la bola
(c) ☐ la bola ejerce una fuerza sobre nosotros de igual magnitud y sentido contrario a la que ejercemos nosotros sobre la bola

6. Señala en cuál de estos procesos NO se produce una transformación de energía mecánica en energía térmica:

- (a) ☐ Estirar un muelle
- (b) ☐ Golpear dos piedras
- (c) ☐ Revolver un vaso de café con una cucharilla

7. Si se lanza una pelota contra el suelo,

- (a) ☐ cuanto menos pese la pelota más altura alcanzará al rebotar.
- (b) ☐ cuanto más se deforme en el choque contra el suelo más altura alcanzará al rebotar.
- (c) ☐ cuanto más elástico sea el choque contra el suelo más altura alcanzará al rebotar

8. Un astronauta se encuentra en el espacio exterior, fuera de su nave y no unido a ella. ¿Existe alguna forma de que pueda acercarse a la nave?

- (a) ☐ No
- (b) ☐ Sí, moviéndose a sí mismo en dirección a la nave
- (c) ☐ Sí, lanzando un objeto pesado que lleve encima, creando así una fuerza cuya reacción le acerque a la nave

9. La fuerza que ejerce la Tierra sobre la Luna

- (a) ☐ depende únicamente de la masa de la Tierra y la masa de la Luna
- (b) ☐ depende de la masa de la Tierra, la masa de la Luna y la distancia entre ambas
- (c) ☐ depende únicamente de la masa de la Luna

10. Si se dejan caer una bola de plomo y otra de papel al mismo tiempo y desde la misma altura,

- (a) ☐ ambas tocarán el suelo al mismo tiempo
- (b) ☐ la bola de plomo será la primera en tocar el suelo debido a que su masa es mayor que la del papel
- (c) ☐ la bola de plomo será la primera en tocar el suelo debido al rozamiento con el aire

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.
DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA.

Aula 'Espacio Tocar la Ciencia' y Torreón de la Física de Cartes
Sara Pérez Avelleira, Jose Miguel Ruiz Sordo, Ana Isabel Diego

CUESTIONARIO POSTERIOR. Mecánica

TIEMPO: 5 minutos

Colegio/IES.

1. Un tentetieso se encuentra en equilibrio estable cuando su centro de masas se encuentra

- (a) ☐ por debajo de su punto de apoyo
- (b) ☐ por encima de su punto de apoyo
- (c) ☐ cerca de su punto de apoyo

2. Si se hacen girar un huevo crudo y otro cocido, se detienen con el dedo y se sueltan

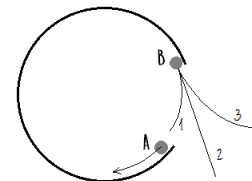
- (a) ☐ ambos continúan en reposo por el Principio de Inercia (Primera Ley de Newton)
- (b) ☐ el cocido se mantiene en reposo y el crudo vuelve a girar por el Principio de Inercia (Primera Ley de Newton)
- (c) ☐ el crudo se mantiene en reposo y el cocido vuelve a girar por el Principio de Inercia (Primera Ley de Newton)

3. El tiempo t que tarda en caer un cuerpo de masa m en caída libre desde una altura h viene dado por

- (a) ☐ $t = \sqrt{\frac{2m}{h}}$
- (b) ☐ $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$
- (c) ☐ $t = \sqrt{\frac{2m}{g}}$

4. Se lanza una bola dentro de un aro metálico con una abertura desde el punto A en la dirección que se indica en la imagen. Al llegar al punto B, la bola seguirá la trayectoria

- (a) ☐ 1
- (b) ☐ 2
- (c) ☐ 3



5. Si se enganchan por sus extremos dos dinamómetros y se tira de uno de ellos con una fuerza de 10 N

- (a) ☐ el otro dinamómetro marcará 10 N por la Ley de Acción y Reacción (Tercera Ley de Newton)
- (b) ☐ el otro dinamómetro marcará menos de 10 N porque hay pérdida de energía
- (c) ☐ el otro dinamómetro no marcará nada porque la fuerza se ejerce solo sobre el primero

6. En el aparato denominado cuna de Newton, pasado un tiempo, las bolas terminan por detenerse debido a

- (a) ☐ que no se cumple la conservación de la energía
- (b) ☐ que el choque entre las bolas es elástico
- (c) ☐ el rozamiento con el aire y la transformación de energía mecánica en calor

7. ¿Es posible transformar el calor (energía térmica) en energía mecánica?

- (a) ☐ Sí, mediante una máquina térmica
- (b) ☐ No, solo es posible el proceso inverso
- (c) ☐ No, el calor siempre es energía perdida

8. Se tiene un carrito con una hélice acoplada en movimiento. Si se coloca una superficie con forma de vela frente a la hélice en posición perpendicular

- (a) ☐ el carrito se moverá más despacio
- (b) ☐ el carrito se moverá más rápido
- (c) ☐ el carrito dejará de moverse

9. Teniendo en cuenta la Segunda Ley de Newton, si se dejan caer una bola de plomo y otra de vidrio con la misma forma y tamaño,

- (a) ☐ la bola de plomo será la primera en tocar el suelo
- (b) ☐ ambas caerán hacia el suelo sometidas a fuerzas de igual magnitud
- (c) ☐ ambas caerán hacia el suelo sometidas a fuerzas de distinta magnitud

10. La fuerza con la que la Tierra atrae a la Luna viene dada por la expresión (M = masa de la tierra, m = masa de la Luna, R_T = radio de la Tierra, G = Constante de Gravitación Universal)

- (a) ☐ $F = G \frac{Mm}{R_T^2}$
- (b) ☐ $F = GMm$
- (c) ☐ $F = G \frac{Mm}{\sqrt{R_T}}$

A.3. Electricidad y Magnetismo

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.
DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA.

Aula 'Espacio Tocar la Ciencia' y Torreón de la Física de Cartes
Sara Prez Avelleira, Jose Miguel Ruiz Sordo, Ana Isabel Diego

CUESTIONARIO PREVIO. Electricidad y Magnetismo

TIEMPO: 5 minutos

Colegio/IES.

1. En la naturaleza existen fuerzas a distancia como la gravitatoria o la eléctrica.
 - (a) ☐ Ambas son fuerzas atractivas
 - (b) ☐ La gravitatoria es siempre atractiva y la eléctrica no siempre
 - (c) ☐ Ambas fuerzas pueden ser atractivas o repulsivas
2. Cuando a un cuerpo neutro se le acerca otro eléctricamente cargado
 - (a) ☐ no sucede nada
 - (b) ☐ el cuerpo neutro se magnetiza
 - (c) ☐ en el cuerpo neutro se produce una separación de cargas por inducción
3. Si se quiere separar las cargas de un cuerpo neutro
 - (a) ☐ es necesario realizar un trabajo
 - (b) ☐ no hay que hacer nada, pues como tiene cargas distintas éstas se separan espontáneamente
 - (c) ☐ no es posible separarlas
4. Cuando un conductor se encuentra en equilibrio electrostático,
 - (a) ☐ las cargas se encuentran distribuídas por todo el conductor
 - (b) ☐ las cargas se encuentran distribuídas en la superficie del conductor de modo que el campo eléctrico en el interior del conductor es máximo
 - (c) ☐ las cargas se encuentran distribuídas en la superficie del conductor de modo que el campo eléctrico en el interior del conductor es nulo
5. Los dos polos de un imán reciben el nombre de polo norte y polo sur.
 - (a) ☐ Los polos de distinto tipo se repelen y los polos del mismo tipo se atraen
 - (b) ☐ Si se parte un imán por la mitad se tiene un polo norte separado de un polo sur
 - (c) ☐ Ambas anteriores son incorrectas
6. Un imán atrae un clavo de hierro
 - (a) ☐ porque el clavo de hierro también es un imán
 - (b) ☐ por el fenómeno de inducción magnética
 - (c) ☐ porque se separan las cargas eléctricas en el hierro

7. El Principio de Inducción de Faraday indica que

- (a) ☐ todos los fenómenos magnéticos producen efectos eléctricos
- (b) ☐ un imán puede afectar a las cargas eléctricas de otro imán
- (c) ☐ un imán en movimiento puede producir corriente eléctrica

8. Se dispone de una bobina de hilo conductor y se quiere producir corriente eléctrica.

- (a) ☐ Basta con colocar un imán cerca de la bobina
- (b) ☐ Hay que acercar un imán a la bobina.
- (c) ☐ Hay que mantener en movimiento, acercar o alejar, un imán cerca de la bobina

9. ¿Para producir corriente eléctrica es necesario realizar un trabajo?

- (a) ☐ Sí, pues los fenómenos eléctricos inducidos se oponen a la causa que los genera
- (b) ☐ No, pues no hay relación entre corriente eléctrica y trabajo mecánico
- (c) ☐ No, porque los fenómenos eléctricos y magnéticos se convierten unos en otros espontáneamente

10. Según la Ley de Lorentz, si se tiene una carga en una región donde existe un campo magnético,

- (a) ☐ la carga experimenta una fuerza en sentido paralelo al campo
- (b) ☐ la carga experimenta una fuerza en sentido perpendicular al campo
- (c) ☐ la carga debe encontrarse en movimiento para que este campo ejerza una fuerza sobre ella

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.
DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA.

Aula 'Espacio Tocar la Ciencia' y Torren de la Física de Cartes
Sara Prez Avelleira, Jose Miguel Ruiz Sordo, Ana Isabel Diego

CUESTIONARIO POSTERIOR. Electricidad y Magnetismo

TIEMPO: 5 minutos

Colegio/IES.

1. Cuando una barra de ámbar frotada con lana se acerca a una semilla de diente de león
 - (a) ☐ la semilla es atraída porque también estaba eléctricamente cargada
 - (b) ☐ no sucede nada
 - (c) ☐ la semilla es atraída debido al fenómeno de inducción eléctrica
2. Cuando una barra de ámbar y una de vidrio son frotadas con lana y seda respectivamente
 - (a) ☐ se repelen puesto que están cargadas con cargas eléctricas iguales
 - (b) ☐ se atraen puesto que están cargadas con cargas eléctricas diferentes
 - (c) ☐ no existe interacción entre ambas
3. Cuando a una esfera de aluminio se le acerca una barra de ámbar frotada con lana
 - (a) ☐ se atraen porque, en la esfera, las cargas eléctricas de signo igual a las de la barra se alejan de esta y las de signo contrario se aproximan
 - (b) ☐ se repelen porque, en la esfera, las cargas eléctricas de signo igual a las de la barra se alejan de esta y las de signo contrario se aproximan
 - (c) ☐ no ocurre nada porque la esfera no está cargada
4. En la máquina de Wimshurst se consigue separar cargas eléctricas que se depositan en dos esferas. Este proceso de separación de cargas
 - (a) ☐ ocurre de manera espontánea
 - (b) ☐ ocurre porque realizamos un trabajo para separar las cargas
 - (c) ☐ ocurre solo en una esfera mientras que la otra permanece neutra
5. Si colocamos una esfera metálica próxima a un generador Van de Graaff se observa una descarga entre ellos
 - (a) ☐ debida al viento eléctrico
 - (b) ☐ porque hay mucha humedad
 - (c) ☐ porque se ha producido una ruptura dieléctrica del aire
6. El planeta Tierra se comporta como un gigantesco imán, cuyo polo norte magnético se encuentra en
 - (a) ☐ el polo sur geográfico
 - (b) ☐ el polo norte geográfico
 - (c) ☐ el ecuador

7. Una pila de Volta, formada por vasos con ácido sulfúrico diluido y placas alternadas de zinc y cobre, es capaz de encender una bombilla porque
- (a) ☐ el ácido sulfúrico diluido está cargado, sus cargas se separan y se crea corriente eléctrica
 - (b) ☐ el cobre cede electrones a la disolución y el zinc los gana creando corriente eléctrica
 - (c) ☐ el ácido sulfúrico diluido actúa como un imán que induce corriente eléctrica
8. Para producir corriente eléctrica alterna es necesario
- (a) ☐ que un imán se encuentre cerca de una bobina hecha con un hilo de metal conductor
 - (b) ☐ un campo magnético constante
 - (c) ☐ que un imán en movimiento se encuentre cerca de una bobina hecha de un hilo de metal conductor
9. Para producir mayor corriente eléctrica alterna con un imán será necesario
- (a) ☐ una bobina con más vueltas del hilo (principio de inducción de Faraday)
 - (b) ☐ una bobina con menos vueltas del hilo (principio de inducción de Faraday)
 - (c) ☐ que el imán se detenga
10. Si hacemos circular corriente eléctrica continua por un hilo conductor dentro del campo magnético que crea un imán y perpendicular a su dirección, se crea
- (a) ☐ una chispa producida por el efecto del campo magnético sobre la corriente eléctrica (ruptura dieléctrica)
 - (b) ☐ una fuerza paralela a la dirección de la corriente y del campo magnético (fuerza de Lorentz)
 - (c) ☐ una fuerza perpendicular a la dirección de la corriente y del campo magnético (fuerza de Lorentz)

A.4. Oscilaciones y Ondas

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.
DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA.

Aula 'Espacio Tocar la Ciencia' y Torreón de la Física de Cartes
Sara Pérez Avelleira, Jose Miguel Ruiz Sordo, Ana Isabel Diego

CUESTIONARIO PREVIO. Oscilaciones y Ondas

TIEMPO: 5 minutos

Colegio/IES.

1. El periodo de oscilación de un péndulo matemático depende
 - (a) ☐ exclusivamente de la longitud de la cuerda
 - (b) ☐ de la longitud de la cuerda y la masa de la bola
 - (c) ☐ de la longitud de la cuerda y de g
2. El periodo de oscilación de una masa que oscila al extremo de un muelle será
 - (a) ☐ el mismo en la Tierra y en la Luna
 - (b) ☐ mayor en la Tierra que en la Luna
 - (c) ☐ menor en la Tierra que en la Luna
3. La evolución temporal de un sistema oscilatorio viene descrito por una función
 - (a) ☐ senoidal exclusivamente $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$
 - (b) ☐ cosenoidal exclusivamente $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$
 - (c) ☐ puede ser ambas, $\sin \omega t$ o $\cos \omega t$
4. La energía de una masa que oscila al extremo de un muelle será
 - (a) ☐ la energía elástica del muelle a mínima amplitud
 - (b) ☐ la energía cinética de la masa en el centro de la oscilación
 - (c) ☐ la energía cinética del muelle a máxima amplitud
5. Un movimiento armónico simple se puede describir como la proyección sobre un eje de un
 - (a) ☐ movimiento circular uniforme
 - (b) ☐ movimiento circular acelerado
 - (c) ☐ movimiento uniformemente acelerado
6. El sonido se propaga en un medio material con una onda
 - (a) ☐ transversal
 - (b) ☐ longitudinal
 - (c) ☐ ninguna de las dos

7. La energía máxima de una onda es proporcional a

- (a) ☐ el cuadrado del periodo
- (b) ☐ el cuadrado de la amplitud
- (c) ☐ la frecuencia

8. La velocidad del sonido en un gas es proporcional

- (a) ☐ a la raíz cuadrada de la temperatura
- (b) ☐ a la masa molar del gas
- (c) ☐ al inverso del coeficiente adiabático del gas

9. Si el primer armónico de una onda estacionaria en una cuerda se produce para una frecuencia de 9,8 Hz, el segundo armónico se obtiene para una frecuencia de

- (a) ☐ $9,8/3$
- (b) ☐ $9,8/2$
- (c) ☐ $2 \cdot 9,8$

10. La amplitud de la onda estacionaria es nula en

- (a) ☐ un vientre
- (b) ☐ un nodo
- (c) ☐ ambos

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.
DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA.

Aula 'Espacio Tocar la Ciencia' y Torreón de la Física de Cartes
Sara Pérez Avelleira, Jose Miguel Ruiz Sordo, Ana Isabel Diego

CUESTIONARIO POSTERIOR. Oscilaciones y Ondas

TIEMPO: 5 minutos

Colegio/IES.

1. El periodo de oscilación de un péndulo matemático vendría dado por la expresión (dimensionalmente correcta)

(a) ☐ $T = 2\pi\sqrt{m/g}$

(b) ☐ $T = 2\pi\sqrt{l/g}$

(c) ☐ $T = 2\pi\sqrt{l/m}$

2. El periodo de oscilación de una masa que oscila al extremo de un muelle vendría dado por la expresión (dimensionalmente correcta)

(a) ☐ $T = 2\pi\sqrt{m/k}$

(b) ☐ $T = 2\pi\sqrt{k/g}$

(c) ☐ $T = 2\pi\sqrt{k/m}$

3. La evolución temporal $x(t)$ de un sistema en equilibrio estable al ser perturbado, puede ser descrita mediante la ecuación

(a) ☐ $x(t) = A \operatorname{tg} (\omega t + \varphi)$

(b) ☐ $x(t) = A \exp (\omega t + \varphi)$

(c) ☐ $x(t) = A \cos (\omega t + \varphi)$

4. Para un péndulo de gravedad variable, su periodo de oscilación en función del ángulo de inclinación α vendrá dado por

(a) ☐ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g \operatorname{sen} \alpha}}$

(b) ☐ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g \cos \alpha}}$

(c) ☐ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l \cos \alpha}{g}}$

5. La resonancia es un fenómeno que se produce cuando una fuerza forzante interacciona con el sistema, con una frecuencia

(a) ☐ menor que la propia del sistema

(b) ☐ igual a la propia del sistema

(c) ☐ mayor que la propia del sistema

6. La velocidad de propagación de una onda en una cuerda de densidad lineal μ sometida a una tensión T , viene dada por

(a) ☐ $v = \sqrt{\frac{\mu}{T}}$

(b) ☐ $v = \frac{T}{\mu}$

(c) ☐ $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

7. Si el primer armónico de una onda estacionaria en una cuerda se produce para una frecuencia de f_0 , el segundo armónico se obtendrá para una frecuencia de

(a) ☐ $f_0/3$

(b) ☐ $f_0/2$

(c) ☐ $2f_0$

8. El segundo armónico de una onda estacionaria en una cuerda tiene

(a) ☐ un vientre y dos nodos

(b) ☐ dos vientres y un nodo

(c) ☐ dos vientres y dos nodos

9. El patrón de interferencia que se produce al hacer incidir luz sobre una rendija colocada en posición horizontal será

(a) ☐ en forma de cruz

(b) ☐ horizontal

(c) ☐ vertical

10. Si se disminuye el tamaño de la rendija, el patrón de interferencia

(a) ☐ se alarga

(b) ☐ se encoge

(c) ☐ se mantiene igual

A.5. Óptica y Física Moderna

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.
DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA.

Aula 'Espacio Tocar la Ciencia' y Torreón de la Física de Cartes
Sara Pérez Avelleira, Jose Miguel Ruiz Sordo, Ana Isabel Diego

CUESTIONARIO PREVIO. Óptica y Física Moderna

TIEMPO: 5 minutos

Colegio/IES.

1. La luz se propaga siempre en línea recta:

- (a) ☐ sí, aunque cambie de medio material
- (b) ☐ no, si cambia de medio material
- (c) ☐ no, nunca

2. Cuando luz incidente pasa de un medio material a otro diferente,

- (a) ☐ toda la luz se refracta
- (b) ☐ toda la luz se refleja
- (c) ☐ puede darse el fenómeno de la reflexión interna total

3. Un objeto es visible para un observador porque

- (a) ☐ el objeto siempre emite luz propia
- (b) ☐ absorbe toda la luz que le llega
- (c) ☐ refleja hacia el observador parte de la luz que le llega

4. En experimentos relativos a la luz, se puede afirmar que la luz

- (a) ☐ siempre se comporta como un flujo de fotones,
- (b) ☐ siempre se comporta como una onda electromagnética.
- (c) ☐ Las anteriores respuestas son incorrectas

5. Los cristales polarizadores de unas gafas tienen la propiedad de

- (a) ☐ reflejar toda la luz incidente
- (b) ☐ dejar pasar parte de la luz incidente
- (c) ☐ proteger completamente de los rayos ultravioleta

6. En el ojo humano, el cristalino forma la imagen sobre la retina actuando como una lente

- (a) ☐ convergente
- (b) ☐ divergente
- (c) ☐ convergente o divergente en función de la distancia

7. En un ojo con miopía, la imagen se forma

- (a) ☐ por delante de la retina
- (b) ☐ por detrás de la retina
- (c) ☐ en la retina

8. Cuando se produce la interferencia entre dos ondas de la misma frecuencia, esta interferencia

- (a) ☐ es siempre constructiva
- (b) ☐ es siempre destructiva
- (c) ☐ depende de su diferencia de fase

9. Los electrones dentro de un átomo

- (a) ☐ tienen un espectro continuo de energía hasta llegar a un máximo
- (b) ☐ sus energías se distribuyen de forma discreta
- (c) ☐ al girar en órbitas circulares pierden parte de su energía

10. En los diversos experimentos a los que pueden ser sometido, un electrón

- (a) ☐ se comporta siempre como una partícula
- (b) ☐ se comporta siempre como una onda
- (c) ☐ puede presentar características de onda o de partícula

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.
DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA.

Aula 'Espacio Tocar la Ciencia' y Torreón de la Física de Cartes
Sara Pérez Avelleira, Jose Miguel Ruiz Sordo, Ana Isabel Diego
CUESTIONARIO POSTERIOR. Óptica y Física Moderna
TIEMPO: 5 minutos

Colegio/IES.

1. Cuando luz incidente monocromática llega a una superficie de separación entre dos medios
 - (a) ☐ cambia su frecuencia y mantiene su velocidad
 - (b) ☐ cambia su longitud de onda y mantiene su velocidad
 - (c) ☐ cambia su longitud de onda y cambia su velocidad
2. La propiedad más interesante de la fibra óptica a efectos de transmisión de señales es que
 - (a) ☐ la luz puede viajar por ella por reflexión interna total
 - (b) ☐ la luz puede viajar por ella por refracción total interna
 - (c) ☐ la luz puede viajar por ella como una onda de presión
3. Cuando se sumerge un objeto transparente en un líquido con su mismo índice de refracción
 - (a) ☐ el objeto refleja más luz y se ve mejor
 - (b) ☐ el objeto refracta la luz y se ve deformado
 - (c) ☐ el objeto ya no es visible por un observador
4. Cuando luz blanca, compuesta de ondas de diferentes colores (frecuencias), pasa del aire a un medio diferente transparente
 - (a) ☐ todas las ondas se desvían el mismo ángulo
 - (b) ☐ todas ondas viajan a la misma velocidad
 - (c) ☐ para cada color, el índice de refracción del medio es diferente
5. En un ojo con hipermetropía, el punto focal queda
 - (a) ☐ por delante de la retina y se corrige con una lente convergente
 - (b) ☐ por detrás de la retina y se corrige con una lente convergente
 - (c) ☐ por detrás de la retina y se corrige con una lente divergente

6. La función para la que se utiliza una lámina polarizadora es

- (a) ☐ dejar pasar luz que oscila en un determinado plano
- (b) ☐ absorber parte de la luz incidente
- (c) ☐ dejar pasar solo ciertas frecuencias de la luz compuesta incidente

7. Si se colocan dos polarizadores en la configuración de cruzados y se hace incidir un haz de luz no polarizada,

- (a) ☐ el haz atravesará los polarizadores sin alterarse
- (b) ☐ el haz no atravesará los polarizadores
- (c) ☐ el haz se polarizará al atravesar los polarizadores

8. El patrón de interferencia que se produce al hacer incidir luz sobre una rendija colocada en posición horizontal será

- (a) ☐ en forma de cruz
- (b) ☐ horizontal
- (c) ☐ vertical

9. Del análisis de los espectros de emisión de diferentes gases se puede interpretar que

- (a) ☐ los espectros son iguales para todos los tipos de átomos
- (b) ☐ los niveles electrónicos dentro del átomo son continuos
- (c) ☐ los niveles electrónicos dentro del átomo son discretos

10. Cuando un flujo de electrones, previamente acelerados por un cañón de electrones, incide sobre una placa de grafito

- (a) ☐ nunca se observa un patrón de interferencias
- (b) ☐ se observa un patrón de interferencia para bajas velocidades de los electrones
- (c) ☐ se observa un patrón de interferencia para altas velocidades de los electrones