

The eternal mystery of the world is its comprehensibility

“El mayor misterio del mundo es que resulta comprensible”. -Albert Einstein.

Programación didáctica de la asignatura Física de 2º BACH y desarrollo de la situación de aprendizaje “Experimentos mentales cooperativos sobre Física moderna”

Trabajo fin de máster en modalidad de práctica educativa

Máster en formación del profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas. Especialidad: Física y Química. Curso: 2017-2018.

Tutoras

Plácida Rodríguez Hernández

Silvana Radescu Cioranescu

Autor

Javier Onam González López

GLOSARIO

IES	Instituto de Educación Secundaria
BACH	Bachillerato
TFM	Trabajo Fin de Máster
PD	Programación Didáctica
SA	Situación de Aprendizaje
ESO	Educación Secundaria Obligatoria
LOMCE	Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa
CL	Comunicación lingüística
CMCT	Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología
CD	Competencia digital
AA	Aprender a aprender
CSC	Competencias sociales y cívicas
SIEE	Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor
CEC	Competencia conciencia y expresiones culturales

RESUMEN

Se ha completado una experiencia en periodo de prácticas en el IES Villalba Hervás bajo la tutela del jefe de departamento de Física y Química. De un total de 175 horas, 25 han sido dedicadas a la asignatura Física de 2º BACH. Se ha tenido la oportunidad tanto de permanecer en un rol de oyente como de participar activamente en la impartición de contenidos. Todo este bagaje acumulado constituye la base sobre la que se asienta este Trabajo Fin de Máster (TFM). En particular, se han analizado los puntos fuertes y débiles de la Programación Didáctica (PD) de esta asignatura. A partir de ahí, se ha propuesto una PD propia incorporando otra perspectiva y reconduciendo aspectos mejorables. Dicha PD está constituida por una secuencia lógica y estructurada de situaciones de aprendizaje. Se detalla más en profundidad la Situación de Aprendizaje (SA) que engloba contenidos de introducción a la Física del siglo XX. Dicha SA tiene por título: “Experimentos mentales cooperativos sobre Física moderna”. Aquí se hace un desglose específico de actividades incorporando materiales e instrumentos de evaluación pertinentes. El objetivo principal de esta SA es poner de manifiesto la importancia de las ideas, la capacidad de abstracción y el cálculo simbólico en el contexto de la Física.

Índice

1. Introducción - - - - -	pág. 4
2. Justificación - - - - -	pág. 7
3. Contextualización - - - - -	pág. 9
4. Análisis reflexivo de la programación didáctica del departamento - - - - -	pág. 13
5. Propuesta de programación didáctica anual - - - - -	pág. 17
6. Situación de aprendizaje “Experimentos mentales cooperativos sobre Física moderna”- - - - -	pág. 52
7. Bibliografía - - - - -	pág. 65
8. Anexos - - - - -	pág. 67

1. Introducción

El título del presente TFM describe fielmente cuál es el espíritu original de la Física: **“el mayor misterio del mundo es que resulta comprensible”**-Albert Einstein. El objeto de estudio de la Física es ese, el mundo, la naturaleza e incluso, en un sentido más amplio, el universo y todo lo que contiene. Se abarcan escalas espaciales y energéticas diametralmente opuestas, desde núcleos atómicos hasta cúmulos galácticos, desde el flujo laminar en un río hasta el choque de partículas a velocidades relativistas. El punto clave es que esta realidad amplia, diversa y multiforme puede ser entendida en términos físicos. Como si de un truco de magia se tratara, la Física se encarga de modelar la naturaleza para hacerla inteligible. Así, el aparente caos se vuelve predecible y, lo que es más importante, esa capacidad para predecir nos aporta una infinidad de posibilidades. La Física convierte a la naturaleza en un aliado, en una herramienta más en beneficio del progreso de la humanidad.

Sus propios orígenes y definición sitúan a la Física como un ente generador de conocimientos. Estos saberes constituyen la base de la que se nutren múltiples disciplinas. Química, Biología, Ingeniería y un largo etcétera son ejemplos a destacar. La Física establece un fundamento sólido sin el que sería imposible comprender en profundidad los fenómenos cotidianos y los recurrentes avances tecnológicos. La Física participa activamente en un ciclo cerrado del que saca provecho el ser humano. En primer lugar, se profundiza en nuestro conocimiento de la naturaleza. Esta primera etapa se aborda normalmente desde disciplinas eminentemente científicas y experimentales. Seguidamente, dicho conocimiento es empleado por la Tecnología para el diseño de nuevos dispositivos. Por último, estos artefactos son trasladados a la sociedad para mejorar la calidad de vida de los individuos que la componen. Habiéndose cumplido unos objetivos dados, se vuelve a incidir en el punto inicial. De esta manera, se profundiza en el conocimiento de nuevos aspectos de la naturaleza que posibiliten a largo plazo satisfacer otros objetivos en la sociedad. Así se conforma un ciclo cerrado en el que los seres humanos ganamos siempre. Por lo tanto, la Física no sólo consiste en ir más allá en nuestros saberes relativos al entorno cotidiano sino que, en último término, influye directamente en nuestro bienestar social.

La primera vez que se aborda una materia tan fundamental como Física de manera exclusiva tiene lugar en 2º BACH. En cursos anteriores (1º BACH, 4º ESO, 3º ESO, 2º ESO) se imparten contenidos de Física pero enmarcados en una asignatura más general denominada Física y Química. Es por esto que el segundo curso de bachillerato se postula como un momento clave para que el

alumnado asimile una visión global de la Física, no completa por supuesto, pero sí coherente, conexa y motivadora. Los alumnos y alumnas con perfil científico deben vivir en la asignatura de Física una experiencia formativa antes que informativa. Si bien es cierto que se abarca un temario representativo de todos los ámbitos relevantes de la Física, el foco no debe estar en los contenidos que se estudien, sino en la capacidad formativa que éstos tienen. En otras palabras, el interés no reside en adquirir conocimientos ordenados de manera repetitiva. El propósito fundamental sería dotar al alumnado de las herramientas necesarias para que puedan emplear dichos conocimientos de forma integrada en situaciones complejas. De esta manera, se persigue formar a los alumnos y alumnas para que adquieran competencias que, en un futuro, les permitan reconducir o enfocar sus recursos cognitivos para enfrentarse a problemas no triviales. En definitiva, se trata de inculcar aptitudes de interés en el ámbito científico, tales como capacidad de abstracción, identificación de variables pertinentes, comunicación lingüística, formulación de hipótesis, etc. Que el alumnado adquiera estas actitudes es el fin último de la actividad docente en la asignatura Física y, por consiguiente, los contenidos a trabajar no son sino un medio para lograr dicho objetivo.

Como ya se ha dejado entrever en el título del TFM, la figura de Albert Einstein será una referencia recurrente a lo largo de las páginas venideras. En particular, su concepción de la Física es la que pretendemos trasladar al alumnado. Una ciencia que se nutre de nuestra creatividad, que se construye a partir de ideas elegantes, sencillas y por qué no decirlo, eternas. Una ciencia que también es cultura, accesible tanto para el experto en la materia como para el amateur entusiasta. Una ciencia que despierta curiosidad en el ciudadano de a pie. Einstein y sus experimentos mentales [1] consiguieron trascender en la sociedad quizás más que ningún otro científico en la historia. Ahora, debemos sembrar la semilla para que el alumnado sea capaz de desarrollar este tipo de experimentos, estas batallas en busca de la comprensión de fenómenos naturales. Sin duda alguna, ésta es una posible ruta a seguir para formar estudiantes creativos, críticos y capaces. Estudiantes que no repitan ideas teniendo fe ciega en un libro de texto. Estudiantes que construyan sus propias conclusiones en una búsqueda continua de satisfacción personal, académica e intelectual.

Esta propuesta de TFM se organiza en torno a una serie de secciones. En la siguiente sección 2 se justifica la pertinencia de la propuesta. Seguidamente, el contexto humano y material del centro y, en particular, del aula a la que va dirigida la propuesta de PD se define en la sección 3. Por otro lado, en la sección 4 se discuten los puntos fuertes y débiles de la PD diseñada por el departamento de Física y Química para la asignatura Física de 2º BACH. A partir de las dificultades indicadas en la definición del contexto y de las carencias y ventajas de la PD de la asignatura, se propone una

propuesta de PD en la sección 5 aportando un enfoque nuevo e intentando reconducir aspectos cuestionables de la PD original. En la sección 6 se desarrolla más en profundidad una SA de la propuesta de PD que tiene por título “Experimentos mentales cooperativos sobre Física moderna”. Por último, en las secciones 7 y 8 se añade la bibliografía y anexos pertinentes.

2. Justificación

La programación didáctica que se propone sigue las directrices marcadas por la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) [2]. La LOMCE supone un cambio de perspectiva claro en el ámbito docente. Este nuevo enfoque gira en torno al concepto de competencia como eje central. Dentro del marco definido por la LOMCE, las competencias [3] se definen como *capacidades para activar y aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza y etapa educativa, para lograr la realización adecuada de actividades y la resolución eficaz de problemas complejos*. Se trata por tanto de un giro hacia el “saber hacer” y no simplemente “saber”. Además, el “saber hacer” no se demuestra en situaciones triviales sino en problemas complejos. Las competencias indican la capacidad para usar los recursos cognitivos en situaciones complicadas. Por lo tanto, dado un problema será necesaria el uso integrado de diferentes competencias (lingüística, matemática, digital, etc) para resolverlo. Si sólo se incide en un tipo de competencia o si sólo se resuelven problemas triviales los objetivos fijados por la LOMCE no se están abordando adecuadamente.

Como indicamos en el párrafo anterior, la ruta definida por la LOMCE es clara y se construye en torno al concepto de competencia. Sin embargo, éste es un rumbo teórico y define un objetivo común que en ocasiones se desdibuja al intentar llevarlo a la práctica. Un ejemplo claro de esto se puede apreciar en la Evaluación de Bachillerato para Acceso a la Universidad (EBAU). Tras la impartición de la asignatura FIS, los alumnos y alumnas se deben enfrentar a la correspondiente prueba EBAU. En [4] se pueden encontrar ejemplos de pruebas de los últimos años. Si se compara detenidamente estos exámenes con los de hace diez años, comprobaremos que son bastante similares. Se trata de una sucesión de problemas tipo con un formato bastante estable en el tiempo. El alumnado puede entrenar para resolverlos sin profundizar en su trasfondo teórico. Así, podríamos considerar dichos problemas repetitivos e, incluso, triviales. Además, estaría prevaleciendo el “saber” (repetir en este caso) antes que el deseado “saber hacer”. Vemos pues que la LOMCE puede incurrir en trampas. Dichas trampas disfrazan de aprendizaje basado en adquisición y evaluación de competencias lo que realmente es un aprendizaje basado en adquisición y evaluación de contenidos, tal y como se promovía en leyes educativas anteriores. Es decir, muchas veces se hace lo mismo cambiando la nomenclatura para que suene distinto, pero sigue siendo lo mismo. Nosotros no deseamos caer en estas trampas. El propósito original de la LOMCE marca una ruta óptima a seguir y no debemos conformarnos con falacias que disminuyen la carga de trabajo, pero también disminuyen la calidad de nuestro sistema educativo. Con todo esto, vemos que si queremos

desplegar una técnica docente enfocada a la adquisición de competencias, es necesario huir del enfoque del mínimo esfuerzo y los problemas tipo. Debemos situar al alumnado en situaciones complejas y facilitarle las herramientas para que sean capaces de abordarlas. Este es el leitmotiv de nuestro TFM: huir de lo trivial y buscar en todo momento un desarrollo integrado del alumnado basado en el desarrollo de competencias.

En la propuesta de PD se definen las diferentes situaciones o problemas (no triviales) a los que debe enfrentarse el alumnado. Éstas pueden ser experiencias reales o mentales. Las experiencias reales están relacionadas con observación directa y análisis de fenómenos naturales. Podemos incluir aquí los experimentos convencionales. Por otro lado, las experiencias o experimentos mentales constituyen otro escenario para desplegar de manera integrada los recursos cognitivos. Se trata de plantear hipótesis, escenarios ficticios y disyuntivos. Los alumnos y alumnas tienen que elaborar razonamientos y emplear la creatividad para superar con éxito estas experiencias mentales. Ambos, experimentos reales y ficticios, deben estar presentes en una asignatura de corte experimental como es Física. La PD es la secuencia que contiene todas las situaciones de aprendizaje que se planifican. Una SA detalla a su vez una secuencia particular de actividades en las que se define un contexto teórico concreto. Los alumnos y alumnas deben asimilar el contenido para seguidamente usarlo en situaciones no triviales. Los contenidos que se abordan cubren un amplio espectro de la Física. Desde campos gravitatorios y electromagnéticos, hasta ondas, pasando por la óptica geométrica y pinceladas de Física del siglo XX. Estos contenidos tienen un potencial enorme para que el alumnado pueda desarrollar competencias al estudiarlos, asimilarlos y, posteriormente, usarlos. Por ejemplo, el alumnado puede mejorar notablemente sus competencias matemáticas escudriñando las leyes fundamentales de la Física. También se pueden fomentar las competencias lingüísticas, comunicativas y digitales al elaborar trabajos de investigación y comunicar resultados al respecto. Incluso al adquirir una visión más general de la Física, el alumnado tendrá mayor conciencia del impacto de la Ciencia en la sociedad y el medio ambiente, desarrollándose así competencias cívicas y sociales. En resumen, tras concluir la impartición de la correspondiente PD con éxito el alumnado debería haber desarrollado competencias de interés en Física en particular, y en Ciencia en general. Estas competencias permitirán al alumnado enfrentarse a retos futuros.

3. Contextualización

Identificar un contexto bien definido es un primer paso clave a la hora de elaborar una PD. Este contexto espacial y humano nos ayuda a establecer objetivos pertinentes y realistas. Si no se define un contexto de partida, se estaría hablando en base a supuestos ideales que poco tendrán que ver con la realidad de las aulas. Éste es un problema recurrente cuando se proponen cambios en las sucesivas legislaciones relacionadas con nuestra educación. Dichas reformas suelen ser idealistas en el sentido que definen un contexto idealizado con docentes y alumnado tremendamente motivados [5] y además, sin limitaciones de recursos humanos y materiales. De nuevo, es preciso apartarse de esta mala praxis. Para ello, a continuación se describe el contexto del centro al que va destinada la PD, haciendo especial énfasis en el contexto más cercano de la asignatura Física. A partir de ahí, se definen objetivos esenciales de la propuesta de PD y, en concreto, de la SA “Experimentos mentales cooperativos sobre Física moderna” (ver sección 6).

La propuesta de PD se adaptada al contexto del IES Villalba Hervás. Dicho instituto ofrece los cuatro cursos ordinarios de la ESO y los dos de BACH. En este centro he desarrollado un periodo de prácticas de 175 horas. Un 15% de las mismas han sido dedicadas a la asignatura FIS de 2º BACH. Mi propuesta de PD va dirigida precisamente a esta asignatura. El IES Villalba Hervás se encuentra situado en la Orotava, norte de Tenerife. El instituto está ubicado en uno de los principales núcleos de población del municipio, en un enclave cercano tanto al casco histórico de la Orotava como a zonas costeras y comerciales. En particular, el centro es una estructura nueva con unas condiciones de luminosidad inmejorables. El edificio está inmerso en un entorno natural. De hecho, tanto en el exterior como en el interior del mismo se puede encontrar una gran variedad de especies endémicas como palmeras por ejemplo. Sus aulas están equipadas con pizarras, rotuladores, proyectores y conexión wifi. Además, el centro dispone de dos salones de actos que permiten graduar la luminosidad para favorecer, en su caso, la visualización de vídeos o espectáculos. El centro posee un laboratorio de Física y Química que está actualmente en desuso, pero que contiene una gran variedad de reactivos químicos e instrumental básico para experiencias en Física (péndulos, masas, lentes, cables, polímetros, etc). Cabe destacar la existencia de dos aulas dotadas con ordenadores. En resumen, los recursos materiales anteriormente citados son los que limitan o determinan la viabilidad de las actividades que se diseñen para la propuesta de PD.

Dados un espacio físico y unos recursos materiales, el otro factor que condiciona un contexto tiene que ver con los recursos humanos. Los habitantes de la Orotava proceden, en su mayoría, del norte

de la isla de Tenerife. Se trata de una población bastante homogénea. Por ello, es de esperar que los alumnos y alumnas muestren un profundo arraigo por la zona, sus costumbres y tradiciones. Otra característica del municipio, es su alto nivel de paro (24.52 %). Estas condiciones a menudo se traducen en la desmotivación del alumnado, que frecuentemente piensa que sus esfuerzos académicos serán en vano a la hora de cambiar su contexto cercano. El docente tiene que lidiar día a día con estas condiciones de falta de motivación generalizada. Una característica importante a destacar, es que el IES Villalba Hervás presenta mayor número de grupos en cursos de BACH que en cursos de la ESO. Esto se debe a que una parte apreciable del alumnado procede de centros cercanos. La convivencia de alumnos y alumnas de distintos centros, que han vivido distintas experiencias educativas, hace necesario un esfuerzo constante de unificación para crear marcos de referencia comunes. Esto es una dificultad añadida a la hora de desplegar una PD. Si bien existe un número de alumnos similar al de alumnas en el instituto, en la asignatura de Física de 2º BACH se rompe este equilibrio. Sólo 3 de un total de 28 estudiantes son mujeres. La PD también debe aportar su granito de arena para revertir dicha situación. Por último, las características de la plantilla docente son también bastante homogéneas. El perfil prototipo consiste en un docente de más de 50 años, con una posición estable en el centro. La técnica docente que despliega este perfil suele ser típicamente expositiva. Así el alumnado, está situado en un contexto donde predomina la enseñanza expositiva con muy poca presencia de trabajo cooperativo.

Comentado ya el contexto general, queda centrarse en el contexto de la asignatura Física en la que se pretende desplegar la PD. En particular, me baso en el periodo de observación y recogida de evidencias durante las prácticas. Se han detectado las siguientes dificultades generalizadas entre los 28 alumnos y alumnas de Física de 2º BACH:

- (1) El clima del aula está condicionado por una desmotivación generalizada. El alumnado está enfocado en adquirir solamente los conocimientos necesarios para superar la EBAU. Sólo en contadas ocasiones el alumnado muestra interés y curiosidad reales por los tópicos que se abordan. Impera la ley del mínimo esfuerzo.
- (2) El despliegue del contenido se efectúa de una manera expositiva convencional. Los alumnos y alumnas desarrollan un papel secundario en su aprendizaje. El docente tiene así una labor más informativa que formativa. Esto dificulta que el alumnado adquiera aprendizajes significativos.

- (3) La metodología empleada induce al alumnado a actuar de forma repetitiva. Superar las distintas pruebas requiere practicar concienzudamente una y otra vez una serie de problemas tipo. Sin duda, este enfoque traslada al alumnado una visión simplista y algorítmica de la Física. Así, valores vitales en Ciencia como la creatividad quedan en segundo plano.
- (4) Los alumnos y alumnas presentan serias dificultades con el cálculo simbólico y la capacidad de abstracción. Al operar con variables en lugar de con valores numéricos los alumnos y alumnas se encuentran perdidos. Esto complica extraer conclusiones generales de las leyes de la Física y definir un marco coherente para comprender los fenómenos naturales.
- (5) El alumnado no tiene apenas contacto con la faceta experimental de la Física. Muchas aptitudes científicas sólo pueden ser desarrolladas en un contexto experimental. De hecho, medir y manipular datos reales permite que las leyes físicas trasciendan y se vuelvan más asimilables. Impartir la asignatura de Física sin establecer conexiones con el ámbito experimental transmite una visión descontextualizada de esta ciencia.

Mi propuesta de PD (ver sección 5) trata de responder a estas cinco dificultades observadas. En particular, la SA “Experimentos mentales cooperativos sobre Física moderna” (ver sección 6) pretende actuar respecto a los puntos (2), (3) y (4). Se intenta que el alumnado adquiera un papel más protagonista en su aprendizaje. Para ello se incluirán breves actividades cooperativas que sitúen a los alumnos y alumnas en disyuntivas complejas. Se trata de resolver en equipo cuestiones no triviales en un tiempo limitado y usando de forma integrada los conocimientos que se van asimilando. Esta especie de experimentos mentales en equipo favorecerán el desarrollo de la creatividad en el alumnado. Dichas cuestiones requerirán también de capacidad de abstracción y de operatoria simbólica. Así, se pondrá de manifiesto la importancia del cálculo simbólico a la hora de deducir conclusiones generales sobre situaciones reales. La Física se construye con ideas y, sin duda alguna, trabajar mentalmente con dichas ideas aporta muchísimo más que resolver de manera algorítmica un problema tipo. Dos frases célebres de Albert Einstein resumen la visión que se desea inculcar en el alumnado. La primera está relacionada con la importancia de las matemáticas en Ciencia y su potencial para generar nuevos conocimientos: **“The creative principle resides in mathematics”** (el principio creativo de la ciencia reside en las matemáticas). La segunda tiene que ver con los experimentos mentales que pretendemos diseñar: **“I very rarely think in words at all. A thought comes, and I may try to express it in words afterwards”** (pocas veces pienso en palabras, un pensamiento viene, y luego intento expresarlo en palabras). Se pretende poner de

relieve la importancia de las ideas y del manejo matemático en ciencia. Por supuesto, este tipo de experiencias cooperativas también estarán presentes a lo largo de toda la PD. Sólo trabajando continuamente se pueden obtener resultados. Se espera que la dificultad (1) se vea mejorada gracias a actuaciones de este tipo. Es decir, probablemente el alumnado al adquirir un perfil más protagonista se sentirá más motivado [6]. Por último, se responde a la dificultad (5) otorgando un mayor protagonismo a la faceta experimental. Los alumnos y alumnas tendrán la posibilidad de asumir retos experimentales. Podrán llevar a cabo experiencias caseras relacionadas con los contenidos que se aborden. Se efectuarán demostraciones en el aula y se realizarán cálculos y cuestiones sobre las mismas. Al trabajar con datos reales los alumnos y alumnas adquirirán competencias científicas como formular hipótesis, extraer conclusiones, verificar el cumplimiento de leyes y un largo etcétera. De la combinación, entre los experimentos mentales y reales que se desarrollen se espera conseguir una mejora en la visión que los estudiantes tienen de la Física y, sobre todo, una mejora de sus capacidades. El objetivo principal prevalece, en lugar de simplemente el “saber” buscamos el “saber hacer” (en contextos no triviales).

4. Análisis reflexivo de la programación didáctica del departamento

En el artículo 44 del Decreto 81/2010 [7] se define la programación didáctica como “*el documento en el que se concreta la planificación de la actividad docente*”. Dicho Decreto también enumera una serie de aspectos que una correcta PD debe abordar. En base a dichos aspectos y a consideraciones personales, se elabora a continuación un análisis reflexivo de la PD diseñada por el departamento de Física y Química para la asignatura Física de 2º BACH. Concretamente, se señalan los puntos fuertes y débiles de dicha PD. El interés de esta sección reside en tenerla en cuenta a la hora de elaborar una propuesta nueva de PD. Así, los puntos fuertes se mantendrán sin apenas modificación mientras que se intentarán reconducir los puntos débiles.

Puntos fuertes

La PD del departamento para el curso 2017/2018 es un documento de 24 páginas del que se pueden destacar, en mi opinión, un total de cinco puntos fuertes.

- (1) Tal y como indica el citado Decreto 81/2010, una PD debe estar organizada en torno a criterios de evaluación. Dichos criterios *describen aquello que se quiere valorar y que el alumnado debe lograr, tanto en conocimientos como en competencias* [3]. La PD del departamento está organizada de esta manera. Por lo tanto, además de ajustarse al marco definido por la LOMCE [2], dicha PD (en el caso de aplicarse correctamente) persigue un desarrollo de competencias en el alumnado. Es decir, si el docente desarrolla su actividad en base a los enunciados de los criterios de evaluación, el alumnado experimentará posiblemente aprendizajes profundos y significativos. El problema reside en que la PD es sólo un documento de referencia y para seguir sus pautas es necesario tener un grado de compromiso y esfuerzo excepcional. Lo habitual sería continuar desplegando la misma práctica docente de hace veinte años basada en la adquisición de contenidos pero, eso sí, cambiando a modo de falacia la nomenclatura empleada en los documentos oficiales. En el caso del IES Villalba Hervás, creo que hay una intención sincera de adaptarse fielmente a los enunciados de los criterios de evaluación. Sin embargo, a veces estas buenas intenciones se quedan sólo en eso, intenciones. Los problemas a este respecto serán indicados en los puntos débiles.

- (2) Otra característica deseable en una PD es contener una distribución temporal realista y fiable. El docente encargado de la asignatura Física tiene una experiencia dilatada impartiendo la asignatura. Eso le permite definir de manera coherente y precisa los intervalos temporales que se van a dedicar a cada criterio de evaluación. Adicionalmente, en la PD del departamento se reservan días extras para el caso de inconvenientes o retrasos insospechados en primera instancia. Pude comprobar durante mi periodo de prácticas que el docente seguía sin dificultades los plazos marcados en su PD. Esto tiene un valor añadido para los alumnos y alumnas de 2º BACH. Se necesita completar el temario a tiempo porque existen unas fechas determinadas para las pruebas EBAU y, por ello, el alumnado necesita un margen de tiempo para repasar y consultar dudas. En la propuesta de PD que se desarrolla en la sección 5 me basaré, casi totalmente, en la distribución temporal establecida por el departamento ya que ha demostrado ser eficiente.
- (3) Al comenzar cada SA dentro de la PD del departamento se plantea una actividad para extraer las ideas previas del alumnado respecto a un determinado tópico. Esto es, bajo mi punto de vista, un factor muy positivo que se enmarca dentro de un esquema constructiva [8]. Si se parte de los conocimientos previos, es mucho más simple establecer conexiones significativas que, en último término, permitan expandirlos para alcanzar los objetivos marcados por el docente. Dadas las características positivas de este tipo de actividad, me planteo incorporarla frecuentemente en las actividades que se diseñen.
- (4) Según el Decreto 81/2010 [7] una PD debe incluir *planes de recuperación para el alumnado con ámbitos no superados*. La PD del departamento contempla realizar un examen final de recuperación en el que el alumnado pueda recuperar criterios de evaluación no superados. A mi entender, la dificultad de dicho examen debe ser inferior que la de las pruebas objetivas realizadas durante el curso. En la propuesta de PD se incluye una prueba de recuperación de este tipo.
- (5) El departamento indica que la metodología que va desplegar será activa y participativa. Este tipo de metodología requiere un grado de protagonismo alto por parte del alumnado. En principio esto es altamente recomendable. En la práctica es muy complejo mantener una participación alta del alumnado si se asume un modelo de enseñanza expositivo. Muchas veces si no se hace al alumnado directamente partícipe de las actividades, éste va a acabar adquiriendo un papel pasivo y las clases tomarán un corte de tipo magistral tan habitual en

contextos universitarios. En la propuesta de PD que aparece en la siguiente sección se añaden más actividades que dan protagonismo al alumnado para que no decaiga su grado de participación.

Puntos débiles

Se han detectado cuatro puntos débiles en la PD del departamento para la asignatura de Física. Estos puntos son calificados como “débiles” atendiendo a una opinión meramente personal.

- (1) Un aspecto que, a mi entender, es muy poco recomendable es la no especificación de las ponderaciones para la evaluación del alumnado. Esto es un factor esencial que debe contemplar una PD bien estructurada. El alumnado debe disponer en todo momento de una información clara de qué y cómo se va a evaluar. En caso contrario, el profesor podría modificar al gusto sus criterios según las situación, lo que sería a mi entender injusto para todos. Adicionalmente, entiendo que una evaluación correcta en el marco definido por la LOMCE debe ser un promedio de calificaciones relacionadas con cada criterio de evaluación. La evaluación, debe ser variada y estar enfocada a demostrar el grado de adquisición de competencias pertinentes. Por ello, opino que una especificación más clara de la evaluación es necesaria.

- (2) En la PD del departamento se hace referencia explícita a *la dificultad más importante e insoslayable que supone la incapacidad para trabajar en el laboratorio*. Si bien es cierto que el laboratorio está en desuso, éste contiene muchos materiales con un gran potencial pedagógico. Se podría usar dicho material para diseñar actividades que permitieran introducir al alumnado en la faceta experimental. No es necesario tener un guión de prácticas rígido y bien definido para que los alumnos realicen experimentos u observen demostraciones de los mismos. Siempre se puede recurrir a experimentos caseros. En la SA desarrollada en profundidad en la sección 6 se incluye una actividad de este tipo. Ahí se hace uso del material de laboratorio para que los alumnos y alumnas observen fenómenos naturales y realicen cálculos sobre ellos. Mi propósito es incidir lo más posible en la faceta experimental con los medios disponibles, que son pocos pero no nulos.

- (3) La PD del departamento indica explícitamente que *el trabajo cooperativo será una herramienta fundamental a la hora de trabajar los proyectos de investigación*. Esto sería muy deseable. Sin embargo, en la práctica los proyectos que han realizado los alumnos y

alumnas son individuales y se limitan a la búsqueda y expresión escrita de información conocida. El matiz relativo a la investigación no se está abordando adecuadamente. No se está trabajando con datos reales, ni contrastando hipótesis, ni diseñando esquemas experimentales. Además, en el día a día la enseñanza es puramente individual con una aparición nula de trabajo cooperativo. El enriquecimiento entre iguales que permite el aprendizaje cooperativo es, en mi opinión, un elemento necesario para la adquisición de competencias en niveles no universitarios. Pienso que una PD que siga la perspectiva definida por la LOMCE, debería incidir más claramente en actuaciones que incluyan trabajo en equipo y, lo que es más importante, tras diseñarlas llevarlas a la realidad del día a día del aula. Mi propuesta de PD incluye un alto componente de trabajo cooperativo para solventar este punto débil.

- (4) Los dos primeros criterios de evaluación de la PD de Física están dedicados básicamente a que, por un lado, el alumnado adquiera capacidades básicas en el ámbito científico especialmente en lo relativo a la experimentación y, por otro, que sea capaz de definir más claramente la trascendencia e impacto de la Física en la sociedad y el medio ambiente. Sin embargo, en la PD del departamento se asume que el alumnado adquirirá estas competencias con un repaso de mecánica meramente expositivo. Esto es altamente cuestionable. Se tiende a considerar este tipo de criterios como secundarios pero, en mi opinión, son igual o más importantes que el resto y, por supuesto, merecen entrar en la ponderación de igual manera. Al considerar estos criterios de evaluación como un repaso el docente los excluye de la calificación final y, lo que es peor, no incide en las capacidades que con estos criterios se pretenden inculcar en el alumnado. En la siguiente sección reformulo el diseño de estos dos primeros criterios de evaluación.

5. Propuesta de programación didáctica anual

En esta sección detallo mi propuesta de programación didáctica anual de la asignatura Física de 2º BACH. Como ya se indicó en la introducción del presente documento (ver sección 1), la Física es una ciencia experimental fundamental que aporta herramientas y conocimientos a muchas otras ramas científicas. En este curso esta materia se aborda por primera vez como asignatura independiente. Por todo ello, es vital que el alumnado pueda desarrollar por sí mismo un conjunto coherente e interconectado de habilidades relacionadas con el ámbito de la Física. Son precisamente estas habilidades o competencias el fin último que persigue alcanzar esta PD, los contenidos que se aborden son sólo una camino que conduce a alcanzar dichas destrezas. Para que los propósitos generales no se desdibujen y quede clara una visión de las intenciones de esta propuesta, intentaré exponer esta sección aligerando aspectos colaterales para poder acentuar la importancia de aquellos que considere más pertinentes. La idea general es conseguir que “engorrosos árboles” no impidan divisar la imagen clara y consistente del “bosque” que describe a grandes rasgos el despliegue de la actividad docente.

Datos identificativos

Centro: IES Villalba Hervás

Estudio: 2º BACH en la modalidad de Ciencias (LOMCE)

Área/Materia: Física

Punto de partida

El punto de partida para esta propuesta de PD está descrito en profundidad en la sección 3. La asignatura Física tiene un total de 25 alumnos y 3 alumnas. Cabe recordar brevemente las dificultades principales o aspectos mejorables que, bajo mi punto de vista, condicionaban el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula. El alumnado muestra evidentes signos de desmotivación y tiene un papel pasivo. De hecho, el modelo de enseñanza imperante es expositivo con una tendencia a la repetición de problemas tipo sin incidir en la profundidad de los aspectos teóricos. Además, el alumnado presenta serias dificultades para el cálculo simbólico y la capacidad de abstracción. En resumen, los alumnos y alumnas tienen una perspectiva descontextualizada y algorítmica de la Física. Esto es debido a que se ignora tanto la faceta experimental, como la importancia de la

creatividad a la hora de plantear ideas para generar conocimientos científicos a partir de otros. Tal y como se analiza en detalle en la sección 3, esta propuesta general de PD busca responder a estas dificultades.

Justificación de la programación didáctica

La justificación general de la pertinencia de la propuesta de PD se encuentra en la sección 2. Cabe resaltar que esta PD se adapta tanto en aspectos curriculares como metodológicos al marco teórico definido por la LOMCE [2]. Aquí, incidimos más en aspectos metodológicos y formales que le dan coherencia a la PD en función de los objetivos que se persiguen.

Orientaciones metodológicas generales

Uno de los propósitos clave de esta PD es situar al alumnado en un rol protagonista dentro de su aprendizaje. La herramienta principal para conseguir este efecto es el trabajo cooperativo. Desafortunadamente, el alumnado tiene poca o ninguna experiencia al respecto. Por ello, se efectuará un plan transversal que incluya el trabajo cooperativo en todas y cada una de las SA que compongan la PD. El alumnado será instruido en estas labores y adquirirá una experiencia que le haga moverse con fluidez desempeñando funciones en grupos reducidos. Los modelos de enseñanza que se van a desplegar durante la PD son los que aparecen a continuación.

- **Investigación guiada:** *Similar a la indagación, pero realizando búsqueda de información en cualquier fuente, sin tener que partir de una hipótesis, pero sí de un tema a investigar.*
- **Investigación grupal:** *Búsqueda de información en grupo, en la que lo más importante es la interacción el alumnado y la construcción colaborativa del conocimiento.*
- **Deductivo:** *Partiendo de categorías y conceptos generales, el alumnado debe identificar y caracterizar los ejemplos concretos que se le suministran.*
- **Expositivo:** *El profesorado suministra mucha información, organizada y explicada. Es adecuado cuando son temas amplios y complejos.*

Salvo el ineludible modelo expositivo dada la amplitud del temario a abordar, el resto de metodologías sitúan al alumnado en una posición protagonista. De esta manera, el docente

desarrolla un rol de guía hacia la generación de aprendizajes significativos mediante la interacción entre iguales. Con esta nueva perspectiva se espera aumentar el grado de motivación del alumnado.

Atención a la diversidad

Dentro de los 28 alumnos y alumnas de esta asignatura no se encuentra ningún caso de necesidad educativa especial. En su caso, sería necesario establecer una colaboración directa con el departamento de orientación para consensuar las adaptaciones curriculares y metodológicas adecuadas. En un sentido más amplio, el aula es un ente diverso y plural. Cada alumno y alumna presenta necesidades específicas diferentes. Para responder a las mismas es vital, en mi opinión, que el profesor ofrezca una disponibilidad que vaya más allá de su presencia durante las sesiones convencionales. Por ejemplo, sería interesante que durante los recreo el docente estuviera disponible para resolver dudas y, además, que el alumnado dispusiera de un correo electrónico del docente para resolver cuestiones particulares.

Medidas para el refuerzo, ampliación y recuperación

La disponibilidad del docente, tanto en el recreo como en su correo, constituye la principal medida de refuerzo. El alumnado que presente dificultades pero que esté comprometido con superar la asignatura aprovechará esta disponibilidad absoluta del docente en su favor. En cuanto a las medidas de ampliación, se puede decir que serán constantes a lo largo del curso. Los contenidos que se abordan son tan amplios y diversos que permiten construir cuestiones, problemas y experiencias que requieran distintos grados de dificultad. Esto queda patente en el material que aparece en los Anexos, ver sección 8 (por ejemplo: aunque están relacionados con la misma temática, el Anexo 2 presenta una dificultad superior al Anexo 1). Además, muchos trabajos se realizan desde una perspectiva de grupos reducidos. Esto permite que dentro de un mismo grupo conviva alumnado con diferentes capacidades que sea capaz de ayudarse para resolver retos de dificultades variadas. Ofrecer distintas dificultades ayuda a mantener el grado de motivación y es, en último término, otra medida de atención a la diversidad. Por último, como medida de recuperación propongo un examen final adicional en el que cada alumno y alumna pueda recuperar criterios de evaluación no superados. La complejidad de este examen será inferior con respecto a los exámenes realizados a lo largo del curso. A cambio, la nota del mismo sólo admitirá dos resultados: “superado” o no “superado”. A la calificación “superado” se le asigna la mínima calificación que no sea un suspenso, es decir, un 5 en base 10. Pienso que ésta es una medida inclusiva, justa tanto para los alumnos y alumnas que tienen que recuperar algún criterio como para los que no.

Concreción curricular

Uno de los retos a la hora de elaborar una PD es adaptar el marco legislativo general al contexto concreto del aula. A continuación, se describe este marco general de referencia, indicando los objetivos, competencias, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje a tener en cuenta durante la enseñanza de Física en 2º BACH.

Objetivos

En el Real Decreto 1105/2014 [3] se establecen los objetivos generales para la etapa de bachillerato:

- (a) Ejercer la ciudadanía democrática, desde una perspectiva global, y adquirir una conciencia cívica responsable, inspirada por los valores de la Constitución española así como por los derechos humanos, que fomente la corresponsabilidad en la construcción de una sociedad justa y equitativa.*

- (b) Consolidar una madurez personal y social que les permita actuar de forma responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico. Prever y resolver pacíficamente los conflictos personales, familiares y sociales.*

- (c) Fomentar la igualdad efectiva de derechos y oportunidades entre hombres y mujeres, analizar y valorar críticamente las desigualdades y discriminaciones existentes, y en particular la violencia contra la mujer e impulsar la igualdad real y la no discriminación de las personas por cualquier condición o circunstancia personal o social, con atención especial a las personas con discapacidad.*

- (d) Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal.*

- (e) Dominar, tanto en su expresión oral como escrita, la lengua castellana y, en su caso, la lengua cooficial de su Comunidad Autónoma.*

- (f) Expresarse con fluidez y corrección en una o más lenguas extranjeras.*

- (g) *Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación.*
- (h) *Conocer y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo, sus antecedentes históricos y los principales factores de su evolución. Participar de forma solidaria en el desarrollo y mejora de su entorno social.*
- (i) *Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.*
- (j) *Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.*
- (k) *Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.*
- (l) *Desarrollar la sensibilidad artística y literaria, así como el criterio estético, como fuentes de formación y enriquecimiento cultural.*
- (m) *Utilizar la educación física y el deporte para favorecer el desarrollo personal y social.*
- (n) *Afianzar actitudes de respeto y prevención en el ámbito de la seguridad vial.*

La propuesta de PD debe contribuir en la medida que sea posible a alcanzar dichos objetivos. En particular, la asignatura de Física de 2º BACH es fundamental para alcanzar los objetivos (g), (h), (i), (j) y (k). De manera colateral en esta asignatura se abarcan aspectos que ayudan a conseguir los objetivos (b), (c), (d) y (e).

Elementos transversales

También existen una serie de temas transversales [3] que la LOMCE [3] propone que sean trabajados. Ejemplos importantes de los mismos son: *el desarrollo de la igualdad efectiva entre hombres y mujeres, el desarrollo sostenible y el medio ambiente, la actividad física, la dieta equilibrada, la seguridad vial, etc.* A la hora de desplegar la actividad docente es necesario tener en

mente estos temas transversales para, de esta manera, poder inculcar en los alumnos y alumnas aspectos positivos al respecto.

Competencias clave

El currículo oficial de la asignatura de Física de 2º BACH [8], establece que dicha materia contribuye a desarrollar siete competencias clave:

- *Comunicación lingüística (CL)*
- *Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT)*
- *Competencia digital (CD)*
- *Aprender a aprender (AA)*
- *Competencias sociales y cívicas (CSC)*
- *Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEE)*
- *Competencia conciencia y expresiones culturales (CEC)*

Para una explicación clara de la contribución de la asignatura a cada competencia consúltese [8]. En particular, la propuesta de PD incide más profundamente en las competencias CL, CMCT, AA y SIEE. Durante las recurrentes actividades cooperativas se fomenta intrínsecamente la CL y la capacidad de argumentación. Además, mediante la interacción entre iguales los alumnos y alumnas generan nuevos conocimientos, es decir desarrollan la competencia AA. Por último, dos propósitos fundamentales de la PD son mejorar la capacidades del alumnado para el cálculo simbólico y para la manipulación de ideas abstractas en un contexto científico. Muchas de las cuestiones y actividades que se diseñen estarán enfocadas en este sentido. Así, el desarrollo de las competencias SIEE y CMCT está garantizado.

Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje

El currículo básico del bachillerato [3] se organiza en torno a criterios de evaluación. Éstos describen aquello que se quiere valorar y que el alumnado debe lograr, tanto en conocimientos

como en competencias. Además, para lograr un concreción aún mayor, cada criterio de evaluación se desglosa en una serie de estándares de aprendizaje evaluables *que concretan lo que el estudiante debe saber, comprender y saber hacer*. Vemos así que la máxima que ha inspirado este trabajo, es decir el “saber hacer”, es la misma que promueve la LOMCE [2]. Cada criterio de evaluación está relacionado no sólo con una serie de estándares de aprendizaje, sino con unas competencias clave y unos contenidos determinados. En particular, el currículo de Física [8] se organiza en torno a 12 criterios de evaluación. En lo que sigue, se muestra una breve descripción de dichos criterios indicando los distintos elementos relacionados en un formato que resulte lo menos engorroso posible.

Criterio de evaluación (BFIS02C01)

Reconocer y utilizar las estrategias básicas de la actividad científica para analizar y valorar fenómenos relacionados con la física, incorporando el uso de las tecnologías de la información y la comunicación.

Estándares de aprendizaje evaluables:

1, 2, 3, 4, 5.

Contenidos:

1. *Utilización de las estrategias propias de la actividad científica para la resolución de ejercicios y problemas de física y en el trabajo experimental.*
2. *Planteamiento de problemas y reflexión por el interés de los mismos.*
3. *Formulación de hipótesis y diseños experimentales.*
4. *Obtención e interpretación de datos.*
5. *Elaboración de conclusiones, análisis y comunicación de los resultados haciendo uso de las TIC.*

Competencias: CMCT, CD, AA, SIEE.

Criterio de evaluación (BFIS02C02)

Conocer los problemas asociados al origen de la física, los principales científicos y científicas que contribuyeron a su desarrollo, destacando las aportaciones más significativas, y

argumentar sobre las principales aplicaciones industriales, ambientales y biológicas de la física y sus implicaciones sociales, particularmente en Canarias.

Estándares de aprendizaje evaluables:

6, 7, 8.

Contenidos:

- 1. Identificación de los acontecimientos clave en la historia de la física.*
- 2. Valoración de la relación de la física con el desarrollo tecnológico y su influencia en la sociedad y el medioambiente, en particular en la Comunidad Autónoma de Canarias.*
- 3. Búsqueda, selección y análisis de la fiabilidad, presentación y comunicación de la información y de los resultados obtenidos utilizando la terminología adecuada y las Tecnologías de la Información y la Comunicación.*

Competencias: CL, CMCT, CD, CSC, SIEE.

Criterio de evaluación (BFIS02C03)

Caracterizar el campo gravitatorio a partir de la intensidad de campo y el potencial gravitatorio, y relacionar su interacción con una masa a través de la fuerza gravitatoria y de las variaciones de energía potencial de la partícula. Interpretar el movimiento orbital de un cuerpo, realizar cálculos sencillos, conocer la importancia de los satélites artificiales y las características de sus órbitas e interpretar cualitativamente el caos determinista en el contexto de la interacción gravitatoria.

Estándares de aprendizaje evaluables:

9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17.

Contenidos:

- 1. Definición del campo gravitatorio a partir de las magnitudes que lo caracterizan: Intensidad y potencial gravitatorio.*
- 2. Descripción del campo gravitatorio a partir de las magnitudes inherentes a la interacción del campo con una partícula: Fuerza y energía potencial gravitatoria.*
- 3. Valoración del carácter conservativo del campo por su relación con una fuerza central como la fuerza gravitatoria.*

	<p>4. <i>Relación del campo gravitatorio con la aceleración de la gravedad (g).</i></p> <p>5. <i>Cálculo de la intensidad de campo, el potencial y la energía potencial de una distribución de masas.</i></p> <p>6. <i>Representación gráfica del campo gravitatorio mediante líneas de fuerzas y mediante superficies equipotenciales.</i></p> <p>7. <i>Aplicación de la conservación de la energía mecánica al movimiento orbital de los cuerpos como planetas, satélites y cohetes.</i></p> <p>8. <i>Interpretación cualitativa del caos determinista en el contexto de la interacción gravitatoria.</i></p>
<p>Competencias: CL, CMCT, CD, AA.</p>	

<p>Criterio de evaluación (BFIS02C04)</p>	
<p><i>Relacionar el campo eléctrico con la existencia de carga, definirlo por su intensidad y potencial en cada punto y conocer su efecto sobre una carga testigo. Interpretar las variaciones de energía potencial de una partícula en movimiento, valorar el teorema de Gauss como método de cálculo de campos electrostáticos, resolver ejercicios y problemas sencillos, y asociar el principio de equilibrio electrostático a casos concretos de la vida cotidiana.</i></p>	
<p>Estándares de aprendizaje evaluables:</p> <p>18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27.</p>	<p>Contenidos:</p> <p>1. <i>Definición de campo eléctrico a partir de las magnitudes que lo caracterizan:</i> <i>Intensidad del campo y potencial eléctrico.</i></p> <p>2. <i>Descripción del efecto del campo sobre una partícula testigo a partir de la fuerza que actúa sobre ella y la energía potencial asociada a su posición relativa.</i></p> <p>3. <i>Cálculo del campo eléctrico creado por distribuciones sencillas (esfera, plano) mediante la Ley de Gauss y haciendo uso del concepto de flujo del campo eléctrico.</i></p>

	<p>4. <i>Aplicación del equilibrio electrostático para explicar la ausencia de campo eléctrico en el interior de los conductores y asociarlo a casos concretos de la vida cotidiana.</i></p> <p>5. <i>Analogías y diferencias entre los campos conservativos gravitatorio y eléctrico.</i></p> <p>7. <i>Aplicación de la conservación de la energía mecánica al movimiento orbital de los cuerpos como planetas, satélites y cohetes.</i></p> <p>8. <i>Interpretación cualitativa del caos determinista en el contexto de la interacción gravitatoria.</i></p>
<p>Competencias: CMCT, AA.</p>	

<p>Criterio de evaluación (BFIS02C05)</p>	
<p><i>Comprender que los campos magnéticos son producidos por cargas en movimiento, puntuales o corrientes eléctricas, explicar su acción sobre partículas en movimiento y sobre corrientes eléctricas, e identificar y justificar la fuerza de interacción entre dos conductores rectilíneos y paralelos. Además, interpretar el campo magnético como un campo no conservativo y valorar la ley de Ampère como método de cálculo de campos magnéticos.</i></p>	
<p>Estándares de aprendizaje evaluables:</p> <p>28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38.</p>	<p>Contenidos:</p> <p>1. <i>Identificación de fenómenos magnéticos básicos como imanes y el campo magnético terrestre.</i></p> <p>2. <i>Cálculo de fuerzas sobre cargas en movimiento dentro de campos magnéticos: Ley de Lorentz.</i></p> <p>3. <i>Análisis de las fuerzas que aparecen sobre conductores rectilíneos.</i></p> <p>4. <i>Valoración de la relación entre el campo magnético y sus fuentes: Ley de Ampère.</i></p>

	<p>5. <i>Justificación de la definición internacional de amperio a través de la interacción entre corrientes rectilíneas paralelas.</i></p> <p>6. <i>Analogías y diferencias entre los diferentes campos conservativos (gravitatorio y eléctrico) y no conservativos (magnético).</i></p>
<p>Competencias: CMCT, CD, AA.</p>	

<p>Criterio de evaluación (BFIS02C06)</p> <p><i>Explicar la generación de corrientes eléctricas a partir de las leyes de Faraday y Lenz, identificar los elementos fundamentales de que consta un generador de corriente alterna y su función, y valorar el impacto ambiental de la producción de energía eléctrica así como la importancia de las energías renovables, particularmente en Canarias.</i></p>	
<p>Estándares de aprendizaje evaluables:</p> <p>39, 40, 41, 42, 43.</p>	<p>Contenidos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Explicación del concepto de flujo magnético y su relación con la inducción electromagnética.</i> 2. <i>Reproducción de las experiencias de Faraday y Henry y deducción de las leyes de Faraday y Lenz.</i> 3. <i>Cálculo de la fuerza electromotriz inducida en un circuito y estimación del sentido de la corriente eléctrica.</i> 4. <i>Descripción de las aplicaciones de la inducción para la generación de corriente alterna, corriente continua, motores eléctricos y transformadores.</i> 5. <i>Valoración del impacto ambiental de la producción de la energía eléctrica y de la importancia de las energías renovables en Canarias, apreciando aspectos científicos, técnicos, económicos y sociales.</i>
<p>Competencias: CMCT, CD, AA, CSC.</p>	

Criterio de evaluación (BFIS02C07)

Comprender e interpretar la propagación de las ondas y los fenómenos ondulatorios diferenciando los principales tipos de ondas mecánicas en experiencias cotidianas, utilizando la ecuación de una onda para indicar el significado físico y determinar sus parámetros característicos. Reconocer aplicaciones de ondas mecánicas como el sonido al desarrollo tecnológico y su influencia en el medioambiente.

Estándares de aprendizaje evaluables:

44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 57, 58, 59, 60, 61.

Contenidos:

- 1. Clasificación de las ondas y de las magnitudes que las caracterizan.*
- 2. Diferenciación entre ondas transversales y ondas longitudinales.*
- 3. Expresión de la ecuación de las ondas armónicas y su utilización para la explicación del significado físico de sus parámetros característicos y su cálculo.*
- 4. Valoración de las ondas como un medio de transporte de energía y determinación de la intensidad.*
- 5. Valoración cualitativa de algunos fenómenos ondulatorios como la interferencia y difracción, la reflexión y refracción a partir del Principio de Huygens.*
- 6. Caracterización del sonido como una onda longitudinal así como la energía e intensidad asociada a las ondas sonoras.*
- 7. Identificación y justificación cualitativa del efecto Doppler en situaciones cotidianas.*
- 8. Explicación y estimación de algunas aplicaciones tecnológicas del sonido.*
- 9. Valoración de la contaminación acústica, sus fuentes y efectos y análisis de las repercusiones sociales y ambientales.*

Competencias: CMCT, CD, AA, CSC.

Criterio de evaluación (BFIS02C08)

Establecer las propiedades de la radiación electromagnética como consecuencia de la unificación de la óptica y el electromagnetismo en una única teoría. Comprender las características y propiedades de las ondas electromagnéticas en fenómenos de la vida cotidiana así como sus aplicaciones, reconociendo que la información se transmite mediante ondas.

Estándares de aprendizaje evaluables:

54, 55, 56, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73.

Contenidos:

1. Valoración de la importancia de la evolución histórica sobre la naturaleza de la luz a través del análisis de los modelos corpuscular y ondulatorio.
2. Aproximación histórica a la unificación de la electricidad, el magnetismo y la óptica que condujo a la síntesis de Maxwell.
3. Análisis de la naturaleza y propiedades de las ondas electromagnéticas.
4. Descripción del espectro electromagnético.
5. Aplicación de la Ley de Snell.
6. Definición y cálculo del índice de refracción.
7. Descripción y análisis de los fenómenos ondulatorios de la luz como la refracción, difracción, interferencia, polarización, dispersión, el color de un objeto, reflexión total...
8. Explicación del funcionamiento de dispositivos de almacenamiento y transmisión de la comunicación.
9. Valoración de las principales aplicaciones médicas y tecnológicas de instrumentos ópticos.

Competencias: CL, CMCT, CD, AA, CSC.

Criterio de evaluación (BFIS02C09)

Formular e interpretar las leyes de la óptica geométrica así como predecir las características de las imágenes formadas en sistemas ópticos. Aplicar las leyes de las lentes delgadas y espejos planos al estudio de los instrumentos ópticos, valorando su importancia en el desarrollo de diferentes campos de la Ciencia.

Estándares de aprendizaje evaluables:

74, 75, 76, 77, 78, 79.

Contenidos:

1. *Aplicación de las leyes de la óptica geométrica a la explicación de la formación de imágenes por reflexión y refracción.*
2. *Familiarización con la terminología básica utilizada en los sistemas ópticos: lentes y espejos, esto es, objeto, imagen real, imagen virtual,...*
3. *Comprensión y análisis de la óptica de la reflexión: espejos planos y esféricos.*
4. *Comprensión y análisis de la óptica de la refracción: lentes delgadas.*
5. *Realización del trazado o diagrama de rayos y formación de imágenes en espejos y lentes delgadas.*
6. *Análisis del ojo humano como el sistema óptico por excelencia y justificación de los principales defectos y su corrección mediante lentes.*
7. *Valoración de las principales aplicaciones médicas y tecnológicas de diversos instrumentos ópticos y de la fibra óptica y su importancia para el desarrollo de la Ciencia, particularmente en Canarias.*

Competencias: CMCT, CD, AA, CSC.

Criterio de evaluación (BFIS02C10)

Aplicar las transformaciones galileanas en distintos sistemas de referencia inerciales, valorar el experimento de Michelson y Morley y discutir las implicaciones que derivaron al desarrollo de la física relativista. Conocer los principios de la relatividad especial y sus consecuencias.

<p>Estándares de aprendizaje evaluables:</p> <p>80, 81, 82, 83, 84, 85.</p>	<p>Contenidos:</p> <p><i>1. Análisis de los antecedentes de la Teoría de la Relatividad especial: relatividad galileana y el experimento de Michelson y Morley.</i></p> <p><i>2. Planteamiento de los postulados de la Teoría Especial de la relatividad de Einstein.</i></p> <p><i>3. Explicación y análisis de las consecuencias de los postulados de Einstein: dilatación del tiempo, contracción de la longitud, paradoja de los gemelos,...</i></p> <p><i>4. Expresión de la relación entre la masa en reposo, la velocidad y la energía total de un cuerpo a partir de la masa relativista y análisis de sus consecuencias.</i></p>
<p>Competencias: CL, CMCT, CD.</p>	

Criterio de evaluación (BFIS02C11)

Analizar los antecedentes de la mecánica cuántica y explicarlos con las leyes cuánticas. Valorar el carácter probabilístico de la Mecánica cuántica, la dualidad onda-partícula y describir las principales aplicaciones tecnológicas de la física cuántica

<p>Estándares de aprendizaje evaluables:</p> <p>86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94.</p>	<p>Contenidos:</p> <p><i>1. Análisis de los antecedentes o problemas precursores de la Mecánica cuántica como la radiación del cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico y los espectros atómicos y la insuficiencia de la física clásica para explicarlos.</i></p> <p><i>2. Desarrollo de los orígenes de la Física Clásica a partir de la hipótesis de Plank, la explicación de Einstein para el efecto fotoeléctrico y el modelo atómico de Bohr.</i></p> <p><i>3. Planteamiento de la dualidad onda-partícula a partir de la hipótesis de De Broglie como una gran paradoja de la Física Cuántica.</i></p>
--	---

	<p>4. Interpretación probabilística de la Física Cuántica a partir del planteamiento del Principio de Indeterminación de Heisenberg.</p> <p>5. Aplicaciones de la Física Cuántica: el láser, células fotoeléctricas, microscopios electrónicos,...</p>
<p>Competencias: CD, CMCT, CSC.</p>	

<p>Criterio de evaluación (BFIS02C12)</p> <p><i>Distinguir los diferentes tipos de radiaciones, sus características y efectos sobre los seres vivos, valorando las aplicaciones de la energía nuclear y justificando sus ventajas, desventajas y limitaciones. Conocer y diferenciar las cuatro interacciones fundamentales de la naturaleza, los principales procesos en los que intervienen y las teorías más relevantes sobre su unificación, utilizando el vocabulario básico de la física de partículas.</i></p>	
<p>Estándares de aprendizaje evaluables:</p> <p>95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109.</p>	<p>Contenidos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis de la radiactividad natural como consecuencia de la inestabilidad de los núcleos atómicos. 2. Distinción de los principales tipos de radiactividad natural. 3. Aplicación de la ley de desintegración radiactiva. 4. Explicación de la secuencia de reacciones en cadena como la fisión y la fusión nuclear. 5. Análisis y valoración de las aplicaciones e implicaciones del uso de la energía nuclear. 6. Descripción de las características de las cuatro interacciones fundamentales de la naturaleza: gravitatoria, electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil. 7. Justificación de la necesidad de nuevas partículas en el marco de la unificación de las interacciones fundamentales.

	<p>8. Descripción de la estructura atómica y nuclear a partir de su composición en quarks y electrones.</p> <p>9. Descripción de la historia y composición del Universo a partir de la teoría del Big Bang.</p> <p>10. Valoración y discusión de las fronteras de la Física del siglo XXI.</p>
<p>Competencias: CL, CMCT, CD, AA, CSC.</p>	

Los estándares de aprendizaje que aparecen numerados en las anteriores tablas se encuentran especificados a continuación.

1. *Aplica habilidades necesarias para la investigación científica, planteando preguntas, identificando y analizando problemas, emitiendo hipótesis fundamentadas, recogiendo datos, analizando tendencias a partir de modelos, diseñando y proponiendo estrategias de actuación.*

2. *Efectúa el análisis dimensional de las ecuaciones que relacionan las diferentes magnitudes en un proceso físico.*

3. *Resuelve ejercicios en los que la información debe deducirse a partir de los datos proporcionados y de las ecuaciones que rigen el fenómeno y contextualiza los resultados.*

4. *Elabora e interpreta representaciones gráficas de dos y tres variables a partir de datos experimentales y las relaciona con las ecuaciones matemáticas que representan las leyes y los principios físicos subyacentes.*

5. *Utiliza aplicaciones virtuales interactivas para simular experimentos físicos de difícil implantación en el laboratorio.*

6. *Analiza la validez de los resultados obtenidos y elabora un informe final haciendo uso de las TIC comunicando tanto el proceso como las conclusiones obtenidas.*

7. *Identifica las principales características ligadas a la fiabilidad y objetividad del flujo de información científica existente en Internet y otros medios digitales.*

8. *Selecciona, comprende e interpreta información relevante en un texto de divulgación científica y transmite las conclusiones obtenidas utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad.*
9. *Diferencia entre los conceptos de fuerza y campo, estableciendo una relación entre intensidad del campo gravitatorio y la aceleración de la gravedad.*
10. *Representa el campo gravitatorio mediante las líneas de campo y las superficies de energía equipotencial.*
11. *Explica el carácter conservativo del campo gravitatorio y determina el trabajo realizado por el campo a partir de las variaciones de energía potencial.*
12. *Calcula la velocidad de escape de un cuerpo aplicando el principio de conservación de la energía mecánica.*
13. *Aplica la ley de conservación de la energía al movimiento orbital de diferentes cuerpos como satélites, planetas y galaxias.*
14. *Deduce a partir de la ley fundamental de la dinámica la velocidad orbital de un cuerpo, y la relaciona con el radio de la órbita y la masa del cuerpo.*
15. *Identifica la hipótesis de la existencia de materia oscura a partir de los datos de rotación de galaxias y la masa del agujero negro central.*
16. *Utiliza aplicaciones virtuales interactivas para el estudio de satélites de órbita media (MEO), órbita baja (LEO) y de órbita geoestacionaria (GEO) extrayendo conclusiones.*
17. *Describe la dificultad de resolver el movimiento de tres cuerpos sometidos a la interacción gravitatoria mutua utilizando el concepto de caos.*
18. *Relaciona los conceptos de fuerza y campo, estableciendo la relación entre intensidad del campo eléctrico y carga eléctrica.*
19. *Utiliza el principio de superposición para el cálculo de campos y potenciales eléctricos creados por una distribución de cargas puntuales.*

20. Representa gráficamente el campo creado por una carga puntual, incluyendo las líneas de campo y las superficies de energía equipotencial.
21. Compara los campos eléctrico y gravitatorio estableciendo analogías y diferencias entre ellos.
22. Analiza cualitativamente la trayectoria de una carga situada en el seno de un campo generado por una distribución de cargas, a partir de la fuerza neta que se ejerce sobre ella.
23. Calcula el trabajo necesario para transportar una carga entre dos puntos de un campo eléctrico creado por una o más cargas puntuales a partir de la diferencia de potencial.
24. Predice el trabajo que se realizará sobre una carga que se mueve en una superficie de energía equipotencial y lo discute en el contexto de campos conservativos.
25. Calcula el flujo del campo eléctrico a partir de la carga que lo crea y la superficie que atraviesan las líneas del campo.
26. Determina el campo eléctrico creado por una esfera cargada aplicando el teorema de Gauss.
27. Explica el efecto de la Jaula de Faraday utilizando el principio de equilibrio electrostático y lo reconoce en situaciones cotidianas como el mal funcionamiento de los móviles en ciertos edificios o el efecto de los rayos eléctricos en los aviones.
28. Describe el movimiento que realiza una carga cuando penetra en una región donde existe un campo magnético y analiza casos prácticos concretos como los espectrómetros de masas y los aceleradores de partículas.
29. Relaciona las cargas en movimiento con la creación de campos magnéticos y describe las líneas del campo magnético que crea una corriente eléctrica rectilínea.
30. Calcula el radio de la órbita que describe una partícula cargada cuando penetra con una velocidad determinada en un campo magnético conocido aplicando la fuerza de Lorentz.
31. Utiliza aplicaciones virtuales interactivas para comprender el funcionamiento de un ciclotrón y calcula la frecuencia propia de la carga cuando se mueve en su interior.

32. *Establece la relación que debe existir entre el campo magnético y el campo eléctrico para que una partícula cargada se mueva con movimiento rectilíneo uniforme aplicando la ley fundamental de la dinámica y la ley de Lorentz.*
33. *Analiza el campo eléctrico y el campo magnético desde el punto de vista energético teniendo en cuenta los conceptos de fuerza central y campo conservativo.*
34. *Establece, en un punto dado del espacio, el campo magnético resultante debido a dos o más conductores rectilíneos por los que circulan corrientes eléctricas.*
35. *Caracteriza el campo magnético creado por una espira y por un conjunto de espiras.*
36. *Analiza y calcula la fuerza que se establece entre dos conductores paralelos, según el sentido de la corriente que los recorra, realizando el diagrama correspondiente.*
37. *Justifica la definición de amperio a partir de la fuerza que se establece entre dos conductores rectilíneos y paralelos.*
38. *Determina el campo que crea una corriente rectilínea de carga aplicando la ley de Ampère y lo expresa en unidades del Sistema Internacional.*
39. *Establece el flujo magnético que atraviesa una espira que se encuentra en el seno de un campo magnético y lo expresa en unidades del Sistema Internacional.*
40. *Calcula la fuerza electromotriz inducida en un circuito y estima la dirección de la corriente eléctrica aplicando las leyes de Faraday y Lenz.*
41. *Emplea aplicaciones virtuales interactivas para reproducir las experiencias de Faraday y Henry y deduce experimentalmente las leyes de Faraday y Lenz.*
42. *Demuestra el carácter periódico de la corriente alterna en un alternador a partir de la representación gráfica de la fuerza electromotriz inducida en función del tiempo.*
43. *Infiere la producción de corriente alterna en un alternador teniendo en cuenta las leyes de la inducción.*

44. *Determina la velocidad de propagación de una onda y la de vibración de las partículas que la forman, interpretando ambos resultados.*
45. *Explica las diferencias entre ondas longitudinales y transversales a partir de la orientación relativa de la oscilación y de la propagación.*
46. *Reconoce ejemplos de ondas mecánicas en la vida cotidiana.*
47. *Obtiene las magnitudes características de una onda a partir de su expresión matemática.*
48. *Escribe e interpreta la expresión matemática de una onda armónica transversal dadas sus magnitudes características.*
49. *Dada la expresión matemática de una onda, justifica la doble periodicidad con respecto a la posición y el tiempo.*
50. *Relaciona la energía mecánica de una onda con su amplitud.*
51. *Calcula la intensidad de una onda a cierta distancia del foco emisor, empleando la ecuación que relaciona ambas magnitudes.*
52. *Explica la propagación de las ondas utilizando el Principio Huygens.*
53. *Interpreta los fenómenos de interferencia y la difracción a partir del Principio de Huygens.*
54. *Experimenta y justifica, aplicando la ley de Snell, el comportamiento de la luz al cambiar de medio, conocidos los índices de refracción.*
55. *Obtiene el coeficiente de refracción de un medio a partir del ángulo formado por la onda reflejada y refractada.*
56. *Considera el fenómeno de reflexión total como el principio físico subyacente a la propagación de la luz en las fibras ópticas y su relevancia en las telecomunicaciones.*
57. *Reconoce situaciones cotidianas en las que se produce el efecto Doppler justificándolas de forma cualitativa.*

58. *Identifica la relación logarítmica entre el nivel de intensidad sonora en decibelios y la intensidad del sonido, aplicándola a casos sencillos.*
59. *Relaciona la velocidad de propagación del sonido con las características del medio en el que se propaga.*
60. *Analiza la intensidad de las fuentes de sonido de la vida cotidiana y las clasifica como contaminantes y no contaminantes.*
61. *Conoce y explica algunas aplicaciones tecnológicas de las ondas sonoras, como las ecografías, radares, sonar, etc.*
62. *Representa esquemáticamente la propagación de una onda electromagnética incluyendo los vectores del campo eléctrico y magnético.*
63. *Interpreta una representación gráfica de la propagación de una onda electromagnética en términos de los campos eléctrico y magnético y de su polarización.*
64. *Determina experimentalmente la polarización de las ondas electromagnéticas a partir de experiencias sencillas utilizando objetos empleados en la vida cotidiana.*
65. *Clasifica casos concretos de ondas electromagnéticas presentes en la vida cotidiana en función de su longitud de onda y su energía.*
66. *Justifica el color de un objeto en función de la luz absorbida y reflejada.*
67. *Analiza los efectos de refracción, difracción e interferencia en casos prácticos sencillos.*
68. *Establece la naturaleza y características de una onda electromagnética dada su situación en el espectro.*
69. *Relaciona la energía de una onda electromagnética con su frecuencia, longitud de onda y la velocidad de la luz en el vacío.*

70. *Reconoce aplicaciones tecnológicas de diferentes tipos de radiaciones, principalmente infrarroja, ultravioleta y microondas.*
71. *Analiza el efecto de los diferentes tipos de radiación sobre la biosfera en general, y sobre la vida humana en particular.*
72. *Diseña un circuito eléctrico sencillo capaz de generar ondas electromagnéticas formado por un generador, una bobina y un condensador, describiendo su funcionamiento.*
73. *Explica esquemáticamente el funcionamiento de dispositivos de almacenamiento y transmisión de la información.*
74. *Explica procesos cotidianos a través de las leyes de la óptica geométrica.*
75. *Demuestra experimental y gráficamente la propagación rectilínea de la luz mediante un juego de prismas que conduzcan un haz de luz desde el emisor hasta una pantalla.*
76. *Obtiene el tamaño, posición y naturaleza de la imagen de un objeto producida por un espejo plano y una lente delgada realizando el trazado de rayos y aplicando las ecuaciones correspondientes.*
77. *Justifica los principales defectos ópticos del ojo humano: miopía, hipermetropía, presbicia y astigmatismo, empleando para ello un diagrama de rayos.*
78. *Establece el tipo y disposición de los elementos empleados en los principales instrumentos ópticos, tales como lupa, microscopio, telescopio y cámara fotográfica, realizando el correspondiente trazado de rayos.*
79. *Analiza las aplicaciones de la lupa, microscopio, telescopio y cámara fotográfica considerando las variaciones que experimenta la imagen respecto al objeto.*
80. *Explica el papel del éter en el desarrollo de la Teoría Especial de la Relatividad.*
81. *Reproduce esquemáticamente el experimento de Michelson-Morley así como los cálculos asociados sobre la velocidad de la luz, analizando las consecuencias que se derivaron.*

82. *Calcula la dilatación del tiempo que experimenta un observador cuando se desplaza a velocidades cercanas a la de la luz con respecto a un sistema de referencia dado aplicando las transformaciones de Lorentz.*
83. *Determina la contracción que experimenta un objeto cuando se encuentra en un sistema que se desplaza a velocidades cercanas a la de la luz con respecto a un sistema de referencia dado aplicando las transformaciones de Lorentz.*
84. *Discute los postulados y las aparentes paradojas asociadas a la Teoría Especial de la Relatividad y su evidencia experimental.*
85. *Expresa la relación entre la masa en reposo de un cuerpo y su velocidad con la energía del mismo a partir de la masa relativista.*
86. *Explica las limitaciones de la física clásica al enfrentarse a determinados hechos físicos, como la radiación del cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico o los espectros atómicos.*
87. *Relaciona la longitud de onda o frecuencia de la radiación absorbida o emitida por un átomo con la energía de los niveles atómicos involucrados.*
88. *Compara la predicción clásica del efecto fotoeléctrico con la explicación cuántica postulada por Einstein y realiza cálculos relacionados con el trabajo de extracción y la energía cinética de los fotoelectrones.*
89. *Interpreta espectros sencillos, relacionándolos con la composición de la materia.*
90. *Determina las longitudes de onda asociadas a partículas en movimiento a diferentes escalas, extrayendo conclusiones acerca de los efectos cuánticos a escalas macroscópicas.*
91. *Formula de manera sencilla el principio de incertidumbre Heisenberg y lo aplica a casos concretos como los orbitales atómicos.*
92. *Describe las principales características de la radiación láser comparándola con la radiación térmica.*

93. *Asocia el láser con la naturaleza cuántica de la materia y de la luz, justificando su funcionamiento de manera sencilla y reconociendo su papel en la sociedad actual.*
94. *Describe los principales tipos de radiactividad incidiendo en sus efectos sobre el ser humano, así como sus aplicaciones médicas.*
95. *Obtiene la actividad de una muestra radiactiva aplicando la ley de desintegración y valora la utilidad de los datos obtenidos para la datación de restos arqueológicos.*
96. *Realiza cálculos sencillos relacionados con las magnitudes que intervienen en las desintegraciones radiactivas.*
97. *Explica la secuencia de procesos de una reacción en cadena, extrayendo conclusiones acerca de la energía liberada.*
98. *Conoce aplicaciones de la energía nuclear como la datación en arqueología y la utilización de isótopos en medicina.*
99. *Analiza las ventajas e inconvenientes de la fisión y la fusión nuclear justificando la conveniencia de su uso.*
100. *Compara las principales características de las cuatro interacciones fundamentales de la naturaleza a partir de los procesos en los que éstas se manifiestan.*
101. *Establece una comparación cuantitativa entre las cuatro interacciones fundamentales de la naturaleza en función de las energías involucradas.*
102. *Compara las principales teorías de unificación estableciendo sus limitaciones y el estado en que se encuentran actualmente.*
103. *Justifica la necesidad de la existencia de nuevas partículas elementales en el marco de la unificación de las interacciones.*

104. Describe la estructura atómica y nuclear a partir de su composición en quarks y electrones, empleando el vocabulario específico de la física de quarks.

105. Caracteriza algunas partículas fundamentales de especial interés, como los neutrinos y el bosón de Higgs, a partir de los procesos en los que se presentan.

106. Relaciona las propiedades de la materia y antimateria con la teoría del Big Bang.

107. Explica la teoría del Big Bang y discute las evidencias experimentales en las que se apoya, como son la radiación de fondo y el efecto Doppler relativista.

108. Presenta una cronología del universo en función de la temperatura y de las partículas que lo formaban en cada periodo, discutiendo la asimetría entre materia y antimateria.

109. Realiza y defiende un informe sobre las fronteras de la física del siglo XXI.

En resumen, los criterios de evaluación BFIS02C01 y BFIS02C02 buscan trasladar al alumnado una perspectiva clara de las habilidades propias de la actividad científica en Física y de las problemáticas más recurrentes relacionadas. Por otro lado, el criterio BFIS02C03 aborda el estudio de la interacción gravitatoria, mientras que los criterios BFIS02C04, BFIS02C05 y BFIS02C06 se focalizan en los fenómenos electromagnéticos. Las ondas mecánicas son estudiadas en BFIS02C07, mientras que en los criterios BFIS02C08 y BFIS02C09 inciden en aspectos de óptica física y geométrica. Por último, una introducción a la Física moderna (incluyendo conceptos de relatividad especial, Física cuántica y radiactividad) se plantea en los criterios BFIS02C10, BFIS02C11 y BFIS02C12. La estructuración de contenidos según el currículo oficial es, desde mi punto de vista, óptima pues sigue una cierta coherencia en el desarrollo histórico de las distintas teorías físicas. Mi propuesta de PD mantendrá este orden a la hora de desplegar las distintas SA. Además, cada conjunto coherente de contenidos será abordado por una SA determinada.

Instrumentos de evaluación

En mi opinión, todos y cada uno de los criterios de evaluación tiene la misma importancia. Cada uno abarca un ámbito particular dentro del gran campo que es la Física. No veo ningún motivo para favorecer un ámbito en detrimento de otros. Incluso los dos primeros criterios, destinados a introducir al alumnado en cuestiones propias de la actividad científica y en problemáticas relacionadas de interés a nivel histórico y social, tienen una relevancia vital ya que, incluso más que

los otros, están enfocados hacia el “saber hacer” que representa la esencia o el espíritu perseguido por la LOMCE. Por ello si z representa la calificación total de la asignatura (en base 10) y $z(BFIS02Ci)$ la calificación asociada al criterio BFIS02Ci, planteamos una media aritmética en la que todos los criterios tengan el mismo peso $z = \sum_{i=1}^{12} z(BFIS\ 02Ci)/12$.

Por otro lado dentro de cada criterio vamos a valorar tres aspectos diferentes. En bachillerato, la evaluación no debe ser sólo inclusiva sino también diferenciada, reflejando en gran parte los méritos individuales de los alumnos y alumnas. Por ello, dentro de la calificación de cada criterio el aspecto con más ponderación será el asociado a una cierta prueba objetiva con un 60%. Esta prueba objetiva será por lo general escrita y el docente debe asegurarse de que se realice de forma estrictamente individual. En la PD se introduce el trabajo cooperativo de manera transversal para reconducir los aspectos mejorables detectados. Por ello, el segundo aspecto con más ponderación estará relacionado con dichas actividades cooperativas y supondrá el 35% de la calificación final del criterio. Esta ponderación tan alta asociada a labores en equipo se traducirá presumiblemente en una participación activa del alumnado en las actividades en grupos reducidos. Las notas asociadas a actividades cooperativas serán las mismas dentro de un mismo grupo de trabajo. Ésto puede fomentar la solidaridad y el intercambio de reflexiones y conocimientos entre alumnos y alumnas. El 5% restante de la calificación de un determinado criterio se asocia a la actitud de un determinado alumno o alumna. Se valorará el grado de atención en clase, la participación en las actividades y cuestiones relacionadas con la conducta. Con todo esto si $z(\text{objetiva})$, $z(\text{cooperativa})$ y $z(\text{actitud})$ son las calificaciones (en base 10) asociadas respectivamente a la prueba objetiva, las actividades cooperativas y la actitud dentro del criterio BFIS02Ci, la calificación del mismo vendrá dada por $z(BFIS\ 02Ci) = 0.6 z(\text{objetiva}) + 0.35 z(\text{cooperativa}) + 0.05 z(\text{actitud})$.

La fórmula expresada en el párrafo anterior para la calificación de un determinado criterio será usada para BFIS02C03, BFIS02C04, BFIS02C05, BFIS02C06, BFIS02C07, BFIS02C08, BFIS02C09, BFIS02C10, BFIS02C11. Los criterios BFIS02C01, BFIS02C02 y BFIS02C12 serán abordados desde una perspectiva enteramente cooperativa. Por ello, en estos casos la nota final del criterio será la asociada a dichas actividades cooperativas.

Para superar la materia, es decir para tener una calificación final igual o superior a 5, es necesario aprobar al menos 10 criterios de un total de 12, siempre que el promedio global sea de aprobado. Para el alumnado que no supere la asignatura de esta manera, planteo un examen de recuperación final. Ahí, cada alumno y alumna tiene la oportunidad de recuperar los criterios no superados. Como

ya se indicó, la dificultad de este examen será inferior al de las pruebas realizadas durante el curso pero, eso sí, la nota que se otorga al alumno o alumna que lo supere es de 5. Si tras completarse el examen de recuperación se cumplen las condiciones anteriormente citadas, el alumno o alumna conseguirá superar la asignatura.

Por último, cabe mencionar que tanto las pruebas objetivas como los instrumentos de evaluación de las actividades cooperativas estarán enfocados, tal y como indica la LOMCE, a que el alumnado demuestre ser capaz de llevar a cabo o ejecutar los distintos estándares de aprendizaje evaluables. Queda patente de nuevo aquí el enfoque pragmático que se ha adoptado en toda la PD. A mi entender, esta propuesta de evaluación es variada, formativa, justa, y, sobre todo, tiene como principal objetivo desarrollar competencias en el alumnado.

Secuencia de situaciones de aprendizaje

En este apartado se describe brevemente la secuencia específica de SA que se ha diseñado. En la asignatura de Física en 2º BACH existe una disponibilidad de un total de 112 horas. Se planificará a grandes rasgos la actividad docente correspondiente a 102 horas. Así se deja un margen de 10 sesiones para posibles imprevistos y también para realizar el examen de recuperación. En la siguiente tabla aparece el desglose específico de las SA (en orden cronológico), indicando el número de sesiones y los criterios de evaluación correspondientes.

Título	Número de sesiones	Criterios de evaluación
Conociéndonos	1	
Aprendiendo a trabajar en equipo	1	
SA 1: Tan simple como sea posible	8	BFIS02C01, BFIS02C02
SA 2: Experimentos mentales cooperativos sobre la interacción gravitatoria	15	BFIS02C03
SA 3: Experimentos mentales cooperativos sobre fenómenos electromagnéticos	25	BFIS02C04, BFIS02C05, BFIS02C06
SA 4: Experimentos mentales cooperativos sobre ondas	8	BFIS02C07
SA 5: Experimentos mentales cooperativos sobre óptica	18	BFIS02C08, BFIS02C09
SA 6: Experimentos mentales cooperativos sobre Física moderna	18	BFIS02C10, BFIS02C11
SA 7: No hay que temer a nada en la vida, solo hay que comprender	8	BFIS02C12

Las actividades resaltadas en amarillo conforman la fase introductoria de la asignatura. En la primera denominada “Conociéndonos” el docente deber completar dos objetivos principales: establecer un acercamiento con el alumnado y proporcionar al mismo una visión clara de los procedimientos de evaluación y las ponderaciones. Tras esta sesión el alumnado debe adquirir una visión clara de los parámetros que se van a valorar y del tipo de actividades que se van a realizar. Dada la importancia de las actividades cooperativas en esta PD, la siguiente sesión “Aprendiendo a trabajar en equipo” ofrecerá al alumnado una introducción a los procedimientos y roles básicos propios del trabajo cooperativo [10]. Como se indicó en la sección 3, el alumnado tiene muy poca experiencia en actividades de este tipo. Por ello, es imprescindible que durante la segunda sesión se sienten las bases al respecto. Se indicará a los alumnos y alumnas que durante las actividades cooperativas se conformarán grupos reducidos de 4 miembros. Pienso que los grupos deben formarse de manera aleatoria. Además, tras completar cada SA se cambiarán todos los grupos. Esto mejorará el clima global del aula ya que se favorece la participación entre todos los alumnos y alumnas. Recordemos que las actividades cooperativas tienen una ponderación apreciable en la nota final de cada criterio. Tal y como se indica en [10], los miembros de cada grupo deben tener asignadas una serie de funciones. Cabe destacar las figuras del secretario o secretaria, encargado de elaborar pequeños informes sobre los progresos realizados, o del coordinador o coordinadora encargado de establecer orden en las diferentes argumentaciones y consensuar.

Por otro lado, las SA resaltadas en rojo se basan en su totalidad en actividades cooperativas. La SA 1: “Tan simple como sea posible” involucra al alumnado en labores científicas y les invita a construir una imagen clara de las problemáticas de interés en Física. Los dos criterios relacionados con esta SA son BFIS02C01 y BFIS02C02. En particular los contenidos de BFIS02C01 volverán a aparecer de forma recurrente durante el resto de SA. Por ello tras acabar la SA 1, el docente podrá tomar anotaciones que permitan al alumnado subir la calificación asociada con el criterio BFIS02C01. Por ejemplo, el contenido “*Obtención e interpretación de datos*” del criterio BFIS02C01 podrá aparecer de manera recurrente en otras SA y, por ello, el docente podrá discernir si se han conseguido avances al respecto. En dicho caso, la calificación de dicho criterio podrá ser aumentada. En la SA 7 “No hay que temer a nada en la vida, solo hay que comprender” (también enteramente cooperativa) los alumnos y alumnas deberán construir de manera autónoma el conocimiento necesario para reproducir eficientemente los estándares de aprendizaje del último criterio BFIS02C12. Aquí, el alumnado demostrará si ha adquirido las competencias necesarias para trabajar en equipo adecuadamente con el fin de generar conocimientos no triviales de forma autónoma.

Por último, en las SA resaltadas en rojo “Experimentos mentales cooperativos sobre la interacción gravitatoria” (SA 2), “Experimentos mentales cooperativos sobre fenómenos electromagnéticos” (SA 3), “Experimentos mentales cooperativos sobre ondas” (SA 4), “Experimentos mentales cooperativos sobre óptica” (SA 5) y “Experimentos mentales cooperativos sobre Física moderna” (SA 6) se despliega una metodología totalmente equivalente. Dicha metodología se explica en profundidad en la sección 6, donde se detalla la SA 6. En estas SA se combinan breves lecciones expositivas con actividades cooperativas en las que el alumnado debe usar el conocimiento asimilado en situaciones no triviales como preguntas con opciones múltiples, detección y corrección de errores, análisis e interpretación de fenómenos naturales, etc. Las cuestiones planteadas están enfocadas a reconducir las dificultades señaladas en la sección 3. Así, se incidirá en aspectos como el cálculo simbólico, la capacidad de abstracción, el manejo de ideas científicas, la faceta experimental (ver Anexos en la sección 8). Es clave alejarse lo más posible de la tendencia a la repetición de problemas tipo. Con esta metodología presente durante un total de 84 sesiones, se espera aumentar el grado de atención y motivación del alumnado y conseguir un desarrollo en competencias verdadero. Se trata de transmitir una visión de la Física más realista, menos rígida y más creativa. La importancia de las ideas en Ciencia será el eje central que inspire esta SA.

A continuación, se presentan un total de 7 tablas indicando características relevantes y una breve descripción. Sería interesante que el docente desarrolle más en profundidad (con materiales, exámenes, cuestiones, ...) las distintas SA justo antes de enfrentarse a la impartición de las mismas. El objetivo, sería tener a final de curso las siete SA tan explicitadas como la SA 6 que se describe profundamente en el sección 6.

SA 1: Tan simple como sea posible	Número de sesiones: 8
<p>Sinopsis</p> <p>Esta SA está inspirada en la frase célebre de A. Einstein “Everything should be made as simple as possible, but not simpler” (todo se debe hacer de la manera más simple posible, pero no más simple). Se trata de transmitir al alumnado la importancia de la sobriedad, el rigor y la precisión en Física. La SA está dividida en dos partes. Ambas están constituidas por actividades enteramente cooperativas. La primera abarca el criterio BFIS02C01 y tiene un corte puramente experimental. Los alumnos y alumnas trabajarán en grupos reducidos de cuatro miembros. El objetivo de cada grupo es calcular la aceleración de la gravedad por un método que ellos elijan: péndulo simple, plano inclinado, caída libre, tiro horizontal, etc. Cada grupo debe elaborar una presentación de cinco diapositivas que incluya el diseño experimental que utilicen, las simplificaciones o hipótesis que justifican emplear dicho modelo, las leyes que describen la situación física, los resultados numéricos obtenidos y su contraste con datos de referencia. Se dispondrá de 3 sesiones en el aula</p>	

de informática para preparar todo el marco teórico y comenzar la presentación. Luego, los grupos deberán quedar en horario no lectivo para, con material rudimentario de que dispongan, realizar los experimentos que plantean para medir la aceleración de la gravedad. Seguidamente, deben prepararse para la exposición de la presentación que tendrá lugar de manera conjunta en la cuarta sesión. Cada grupo dispondrá de 5 minutos para realizar la presentación del diseño experimental y sus correspondientes resultados. Ésto será el instrumento de evaluación para el docente. Esta parte constituye una buena introducción al trabajo cooperativo, a la interacción gravitatoria y, sobre todo, al trabajo científico (elaborar gráficas, tomar datos, diseñar experimentos, deducir conclusiones, ...). La segunda parte de la SA abarcará el criterio BFIS02C02. Consistirá también en 3 sesiones de trabajo colaborativo en el aula de informática y 1 sesión de evaluación en el aula habitual. Cada grupo deberá escoger cuál es en su opinión el experimento más bello dentro del campo de la Física. Aquí, se mide sencillez en función de la frase célebre de Einstein. Los experimentos más bellos serán los que sean más trascendentes pero a su vez más sencillos (con menos medios). Los equipos deben realizar de nuevo una presentación digital justificando la belleza del experimento, su contexto histórico y sus trascendencia en la sociedad. En la última sesión los alumnos y alumnas presentarán en cinco minutos su trabajo y ese será el mecanismo de evaluación para el docente. La SA requiere de una alta capacidad para sintetizar y consensuar. El docente actuará de guía durante todo el proceso.

Fundamentación curricular	Criterios de evaluación: BFIS02C01, BFIS02C02
	Estándares de aprendizaje: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.
	Instrumentos de evaluación: Exposición grupal sobre la medida de la aceleración de la gravedad (50%) y exposición grupal sobre el experimento más bello escogido (50%).
Fundamentación metodológica	Modelos de enseñanza: Investigación guiada
	Agrupamientos: Grupos fijos
	Espacios: Aula habitual, aula de informática y hogares del alumnado
	Recursos: Ordenadores con conexión a Internet y proyector.
Educación en valores: Discusión del impacto de la Ciencia en general, y la Física en particular, en la tecnología y, en último término, en la sociedad y el medio ambiente.	
Materias relacionadas: Cualquier materia del ámbito científico (Biología, Química, Tecnología, ...)	

SA 2: Experimentos mentales cooperativos sobre la interacción gravitatoria	Número de sesiones: 15
Sinopsis	
Se combinarán lecciones expositivas con actividades cooperativas tal y como se indica en detalle para la SA 6 en la sección 6. Las cuestiones para la evaluación de las actividades cooperativas serán de elección múltiple y de corrección de errores (similar a las propuestas para la SA 6 en los Anexos 1 y 2). Se realizará una prueba objetiva basada en los estándares de aprendizaje que se pretenden adquirir.	
	Criterios de evaluación: BFIS02C03

Fundamentación curricular	Estándares de aprendizaje: 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17.
	Instrumentos de evaluación: Prueba objetiva (60%), Actividades cooperativas (35%) y actitud (5%). Dentro del 35% de las actividades cooperativas: preguntas de elección múltiple (40%) y detección y corrección de errores en un texto (60%).
Fundamentación metodológica	Modelos de enseñanza: Expositivo, deductivo e investigación grupal.
	Agrupamientos: Grupos fijos
	Espacios: Aula habitual
	Recursos: Pizarra, rotuladores y proyector.
Educación en valores: Papel de la investigación canaria en Astrofísica a nivel mundial. Concepción de la Ciencia como cultura.	
Materias relacionadas: Filosofía	

SA 3: Experimentos mentales cooperativos sobre fenómenos electromagnéticos		Número de sesiones: 25
Sinopsis		
<p>Se combinarán lecciones expositivas con actividades cooperativas. Las cuestiones para la evaluación de las actividades cooperativas serán de dos tipos. El primer tipo es el presente ya en la SA 2. El segundo constituirá un reto adicional. Los alumnos y alumnas deben diseñar trabajando en equipo un esquema experimental que verifique la ley de inducción electromagnética. Dispondrán del material que necesiten en el laboratorio: polímetros, diodos, rotores, etc. Cada equipo debe realizar una exposición grupal describiendo su montaje y explicando por qué éste está relacionado con el marco teórico. Deben discutir qué cambia para producir corriente: el campo magnético, la superficie del circuito. Los alumnos y alumnas también pueden traer artefactos de sus casas y explicar su relación con la ley de inducción.</p>		
Fundamentación curricular	Criterios de evaluación: BFIS02C04, BFIS02C05, BFIS02C06	
	Estándares de aprendizaje: 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43.	
	Instrumentos de evaluación: Prueba objetiva (60%), Actividades cooperativas (35%) y actitud (5%). Dentro del 35% de las actividades cooperativas: preguntas de elección múltiple (50%) y exposición grupal sobre la verificación de la ley de inducción (50%).	
Fundamentación metodológica	Modelos de enseñanza: Expositivo, deductivo e investigación grupal.	
	Agrupamientos: Grupos fijos	
	Espacios: Aula habitual y Laboratorio.	
	Recursos: Pizarra, rotuladores, proyector y material del laboratorio.	
Educación en valores: Impacto en el medio ambiente de la generación de corriente eléctrica para su consumo de la sociedad.		
Materias relacionadas: Tecnología		

SA 4: Experimentos mentales cooperativos sobre ondas		Número de sesiones: 8
Sinopsis		
Se combinarán lecciones expositivas con actividades cooperativas. Las cuestiones para la evaluación de las actividades cooperativas serán del tipo de respuesta múltiple. El docente efectuará demostraciones en el aula con una cubeta de ondas (disponible en el laboratorio aunque es preciso ponerla a punto) y todas las cuestiones estarán asociadas con fenómenos relacionados.		
Fundamentación curricular	Criterios de evaluación: BFIS02C07	
	Estándares de aprendizaje: 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 57, 58, 59, 60, 61.	
	Instrumentos de evaluación: Prueba objetiva (60%), Actividades cooperativas (35%) y actitud (5%). El 35% de las actividades cooperativas será evaluado con preguntas de elección múltiple sobre la cubeta de ondas (50%).	
Fundamentación metodológica	Modelos de enseñanza: Expositivo, deductivo e investigación grupal.	
	Agrupamientos: Grupos fijos	
	Espacios: Aula habitual.	
	Recursos: Pizarra, rotuladores, proyector y cubeta de ondas.	
Educación en valores: Convivencia en el aula		
Materias relacionadas: Matemáticas		

SA 5: Experimentos mentales cooperativos sobre óptica		Número de sesiones: 18
Sinopsis		
Se combinarán lecciones expositivas con actividades cooperativas. Las cuestiones para la evaluación de las actividades cooperativas serán de dos tipos. El primero consiste en las ya citadas preguntas de respuesta múltiple intercaladas entre las lecciones expositivas. El segundo tipo estará relacionado con un proyecto para reproducir un holograma casero (https://www.youtube.com/watch?v=lr6X1hcjREE). Cada grupo deberá reproducir el montaje que permita la visualización del holograma. Seguidamente el docente elaborará un listado de preguntas sobre la experiencia que se deben responder en equipo.		
Fundamentación curricular	Criterios de evaluación: BFIS02C08, BFIS02C09	
	Estándares de aprendizaje: 54, 55, 56, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79.	
	Instrumentos de evaluación: Prueba objetiva (60%), Actividades cooperativas (35%) y actitud (5%). El 35% de las actividades cooperativas será evaluado con preguntas de elección múltiple sobre las lecciones expositivas (50%) y preguntas contestadas en grupo sobre el holograma casero (50%).	

Fundamentación metodológica	Modelos de enseñanza: Expositivo, deductivo e investigación grupal.
	Agrupamientos: Grupos fijos
	Espacios: Aula habitual.
	Recursos: Pizarra, rotuladores, papel reflectante, tijeras y cinta adhesiva.
Educación en valores: Influencia de la Física en nuestra salud (mejora de problemas de visión).	
Materias relacionadas: Tecnología.	

SA 6: Experimentos mentales cooperativos sobre Física moderna		Número de sesiones: 18
Sinopsis		
Esta SA se describe en profundidad en la sección 6.		
Fundamentación curricular	Criterios de evaluación: BFIS02C10, BFIS02C11	
	Estándares de aprendizaje: 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94.	
	Instrumentos de evaluación: Prueba objetiva (60%), Actividades cooperativas (35%) y actitud (5%).	
Fundamentación metodológica	Modelos de enseñanza: Expositivo, deductivo e investigación grupal.	
	Agrupamientos: Grupos fijos	
	Espacios: Aula habitual.	
	Recursos: Pizarra, rotuladores y proyector.	
Educación en valores: Convivencia en el aula		
Materias relacionadas: Química		

SA 7: No hay que temer a nada en la vida, solo hay que comprender		Número de sesiones: 8
Sinopsis		
<p>El título de esta SA es una frase célebre de M. Curie. Ésta hace referencia a la importancia de comprender nuestro entorno (tal y como se ponía de manifiesto en el título de este TFM). Llegados a este punto los alumnos y alumnas deberán haber adquirido un grado de madurez que les permita trabajar en equipo de forma eficiente. Por ello planteo un último reto que consiste en generar desde cero su propio conocimiento relativo al criterio BFIS02C12. El alumnado tendrá acceso a Internet en el aula de informática. Se les dará el listado de los estándares de aprendizaje y ellos deberán elaborar unos apuntes al respecto. Dichos apuntes deben ser lo más precisos y breves posible pero, eso sí, incluyendo toda la información relevante. Estos apuntes desarrollados por cada grupo serán un instrumento de evaluación del docente. Seguidamente, el docente elaborará una prueba objetiva en función de los estándares de aprendizaje. Esta prueba será realizada en equipo y constituirá el segundo instrumento de evaluación. La prueba se realizará sin la disponibilidad de los apuntes desarrollados y contendrá cuestiones prácticas y teóricas. Esta última SA puramente cooperativa demostrará el grado de autonomía inculcado en los alumnos y alumnas. Además, es buena práctica aligerar lecciones expositivas a final de curso pues el alumnado está</p>		

muy saturado por lo general.	
Fundamentación curricular	Criterios de evaluación: BFIS02C12
	Estándares de aprendizaje: 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109
	Instrumentos de evaluación: Apuntes (50%), Prueba cooperativa (50%)
Fundamentación metodológica	Modelos de enseñanza: Investigación guiada
	Agrupamientos: Grupos fijos
	Espacios: Aula habitual y aula de informática.
	Recursos: Ordenadores con conexión a Internet.
Educación en valores: El papel de la mujer en Física.	
Materias relacionadas: Química	

Seguimiento de los resultados de la programación didáctica

Es imprescindible que el docente lleve a cabo un proceso de recopilación continua de evidencias. Por ejemplo, escribir un diario donde se refleje lo más relevante de la actividad docente. Las dificultades que se buscan reconducir con esta PD son claras: la desmotivación, la tendencia a la repetición, el poco contacto con la faceta experimental y las dificultades con el cálculo simbólico y la capacidad de abstracción. Cualquier indicador que muestre que en términos generales (no en casos aislados) estas dificultades se han reconducido en cierta medida constituye un avance, un éxito. Dichos indicadores son proporcionados continuamente por los alumnos y alumnas: las respuestas a las pruebas objetivas, el grado de participación e interés en las actividades cooperativas y un largo etcétera. La función del docente es anotar dichos parámetros y ser consciente de qué medidas están funcionando. El propósito es claro, el perfeccionamiento continuo de la labor docente.

6. Situación de aprendizaje “Experimentos mentales cooperativos sobre Física moderna”

En esta sección se detalla en profundidad la sexta SA de la programación didáctica.

Datos técnicos de la SA

Autoría: Javier Onam González López

Título de la SA: Experimentos mentales cooperativos sobre Física moderna

Tipo de SA: Tareas

Estudio: 2º BACH en la modalidad de Ciencias (LOMCE)

Área/Materia: Física

Identificación

Sinopsis

Esta SA aborda contenidos de introducción a la Física del siglo XX. En particular, se analizan aspectos relevantes de la relatividad especial y algunos fundamentos de la teoría cuántica. Se propone una metodología basada en una combinación de lecciones expositivas y actividades cooperativas. El éxito en las actividades en grupos reducidos depende del grado de atención que se haya tenido en las partes expositivas. De esta manera se espera captar mejor el interés del alumnado que pasa a tener un rol protagonista en el aula. La SA incide en la importancia del cálculo simbólico, la capacidad de abstracción y, sobre todo, recalca el valor de las ideas para generar conocimiento en Física.

Justificación

Esta SA tiene una duración total de 18 sesiones. Esto supone alrededor de un 17.6% del total de 102 horas destinadas a la propuesta de PD. Dado que se abarcan los contenidos de 2 criterios de evaluación, parece una temporalización razonable (2 semanas y un día por criterio a un ritmo de cuatro sesiones por semana). La SA plantea una serie de actividades cooperativas. En ellas el alumnado debe usar de forma integrada el conocimiento adquirido durante breves lecciones expositivas. Se podría decir que los alumnos y alumnas realizan experimentos mentales en equipo. El docente se encarga de definir disyuntivas, describir un fenómeno natural, proponer un texto con errores, etc. Ante esta situación compleja, el alumnado debe resolver trabajando en equipo por un

tiempo limitado cuestiones que se planteen al respecto. Seguidamente, el docente anota el resultado de cada grupo y expone la solución correcta. Se trata pues de una forma de que el alumnado construya unos conocimientos a partir de otros. O en caso de error, que recapacite sobre sus razonamientos. Por lo tanto, se está explotando la máxima “Beyond the Information Given” del constructivismo [11]. Este enfoque cooperativo favorece la generación de conocimiento por interacción entre iguales y, presumiblemente, favorece la motivación del alumnado. Los alumnos y alumnas trabajarán de manera transversal la competencia lingüística, matemática y, adicionalmente, explorarán su capacidad para trabajar sobre ideas o entidades abstractas con el fin de encontrar conclusiones generales.

Fundamentación curricular

La SA “Experimentos mentales cooperativos sobre Física moderna” abarca los criterios de evaluación décimo y undécimo establecidos en el currículo oficial para la asignatura Física de 2º BACH [8]. Siguiendo la nomenclatura usada en la sección 5, mostramos en las siguientes tablas el enunciado (en negrita) y la descripción de estos criterios. También se indican los contenidos, estándares de aprendizaje y competencias asociados a cada uno de dichos criterios de evaluación.

Criterio de evaluación (BFIS02C10)

Aplicar las transformaciones galileanas en distintos sistemas de referencia inerciales, valorar el experimento de Michelson y Morley y discutir las implicaciones que derivaron al desarrollo de la física relativista. Conocer los principios de la relatividad especial y sus consecuencias.

Con este criterio se pretende averiguar si los alumnos y alumnas resuelven cuestiones y problemas sobre relatividad galileana, si calculan tiempos y distancias en distintos sistemas de referencia, cuestionando el carácter absoluto del espacio y el tiempo, y si explican el papel del éter en el desarrollo de la teoría Especial de la Relatividad y reproducen esquemáticamente el experimento de Michelson-Morley, así como los cálculos asociados sobre la velocidad de la luz, comprendiendo la necesidad de su constancia y utilizando, en su caso, simulaciones o animaciones virtuales. Se trata de comprobar, además, si calculan la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud que experimenta un sistema, aplicando las transformaciones de Lorentz y si discuten, oralmente o por escrito, los postulados, dilatación temporal y contracción espacial, y las aparentes paradojas, como la paradoja de los gemelos, y su evidencia experimental, consultando para ello diversas fuentes de información como revistas de divulgación, libros de

texto, Internet...

Por último, se trata de averiguar si el alumnado expresa la relación entre la masa en reposo de un cuerpo y su velocidad con la energía del mismo a partir de la masa relativista y las consecuencias de la equivalencia masa-energía, comprobada en las reacciones de fisión y fusión nuclear y en la creación y aniquilación de materia.

Estándares de aprendizaje evaluables:

80, 81, 82, 83, 84, 85.

Contenidos:

1. *Análisis de los antecedentes de la Teoría de la Relatividad especial: relatividad galileana y el experimento de Michelson y Morley.*

2. *Planteamiento de los postulados de la Teoría Especial de la relatividad de Einstein.*

3. *Explicación y análisis de las consecuencias de los postulados de Einstein: dilatación del tiempo, contracción de la longitud, paradoja de los gemelos, etc.*

4. *Expresión de la relación entre la masa en reposo, la velocidad y la energía total de un cuerpo a partir de la masa relativista y análisis de sus consecuencias.*

Competencias: CL, CMCT, CD

Criterio de evaluación (BFIS02C11)

Analizar los antecedentes de la mecánica cuántica y explicarlos con las leyes cuánticas. Valorar el carácter probabilístico de la Mecánica cuántica, la dualidad onda-partícula y describir las principales aplicaciones tecnológicas de la física cuántica.

Con este criterio se trata de comprobar si el alumnado es capaz de analizar las limitaciones de la física clásica al enfrentarse a determinados hechos físicos, como la radiación del cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico o los espectros atómicos a partir de información proporcionada a través de diversos soportes: profesorado, textos, Internet..., y los explica a través de la hipótesis de Planck, de la explicación cuántica postulada por Einstein y, por último, a través de la composición de la materia y el modelo atómico de Bohr. Se trata de comprobar, además, si aplica la hipótesis de De Broglie, presentando la dualidad onda-partícula y extrayendo conclusiones acerca de los efectos

cuánticos a escalas macroscópicas, si formula el principio de incertidumbre Heisenberg y lo aplica a casos concretos como los orbitales atómicos, en contraposición con el carácter determinista de la mecánica clásica.

Por último, se valorará si conocen las aplicaciones de la física cuántica al desarrollo tecnológico en los campos de las células fotoeléctricas, los microscopios electrónicos, la microelectrónica, los ordenadores y los láseres, describiendo, para estos últimos, sus principales características, los principales tipos existentes y sus aplicaciones, justificando su funcionamiento básico y reconociendo su papel en la sociedad actual, mediante la presentación de un trabajo de investigación en el que podrán hacer uso de las TIC, tanto para su elaboración como para su presentación.

Estándares de aprendizaje evaluables:

86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93.

Contenidos:

- 1. Análisis de los antecedentes o problemas precursores de la Mecánica cuántica como la radiación del cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico y los espectros atómicos y la insuficiencia de la física clásica para explicarlos.*
- 2. Desarrollo de los orígenes de la Física Clásica a partir de la hipótesis de Planck, la explicación de Einstein para el efecto fotoeléctrico y el modelo atómico de Bohr.*
- 3. Planteamiento de la dualidad onda-partícula a partir de la hipótesis de De Broglie como una gran paradoja de la Física Cuántica.*
- 4. Interpretación probabilística de la Física Cuántica a partir del planteamiento del Principio de Indeterminación de Heisenberg.*
- 5. Aplicaciones de la Física Cuántica: el láser, células fotoeléctricas, microscopios electrónicos.*

Competencias: CD, CMCT, CSC

Fundamentación metodológica

Modelos de enseñanza: Expositivo, deductivo e investigación grupal.

Fundamentos metodológicos

Durante la SA se impartirán breves lecciones expositivas en las que el alumnado debe prestar atención para, seguidamente, enfrentarse a actividades cooperativas que requieran del uso del conocimiento asimilado. Estas actividades tienen muchas veces un carácter deductivo, es decir, los alumnos y alumnas deben inferir cuestiones particulares a partir de conceptos generales que se hayan expuesto. Por supuesto, el proceso por el que se resuelven dichas cuestiones puede ser considerado una investigación en equipo. En esta investigación el aspecto clave es la generación de conocimiento mediante la interacción entre los alumnos y alumnas.

Secuencia de actividades

La SA está compuesta por 8 actividades que se detallan a continuación. Las primeras 4 actividades suponen un total de 9 sesiones y se dedican a contenidos de relatividad especial. Las últimas 4 ocupan también 9 sesiones y abordan contenidos de introducción a la Física cuántica.

Actividad 1: Experimentos mentales colaborativos sobre relatividad especial				
Criterio de evaluación:	Agrupamiento:	Número de sesiones:	Espacios:	Recursos:
BFIS02C10	Grupos fijos	5	Aula habitual	Pizarra, rotuladores, proyector y portátil con conexión a Internet.
Descripción Se comienza esta actividad invitando a que el alumnado comente sus ideas previas respecto del popular tema de la relatividad. Posiblemente muchos tópicos saldrán a la luz: espacio tetra-dimensional, carácter relativo del tiempo, etc. El objetivo del docente será reconducir dichas ideas previas durante la SA hasta que el alumnado adquiera una visión coherente de los conceptos relativistas. Seguidamente, a modo de introducción, se proyecta el siguiente vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=k6gd3bQLiFc . Esta visualización ofrece una explicación muy clara del experimento de Michelson y Morley así como de sus competencias. El vídeo está en inglés así que se trabajará competencia en lengua extranjera. En caso de que la dificultad sea muy				

elevada, el docente se encargará de ir traduciendo simultáneamente a la visualización. Tras esta fase introductoria que puede tomar entre media y una sesión, el docente comenzará a impartir breves lecciones expositivas en pizarra. El alumnado está distribuido en grupos fijos de 4 miembros atendiendo a dichas lecciones. Cada grupo tiene un coordinador y un secretario, tal y como quedó definido en la anterior sección 5. Tras cada breve lección se intercala una actividad cooperativa que cada grupo debe resolver trabajando en equipo. Dichas actividades consisten en escoger la opción correcta, dado un determinado enunciado o cuestión. El alumnado deberá usar el conocimiento asimilado durante las partes expositivas para responder las cuestiones. Será necesario pensar en torno a conocimientos abstractos, usar la capacidad de abstracción y el cálculo simbólico. En el Anexo 1 se encuentran las ocho cuestiones que se pretenden plantear. Dichas cuestiones serán proyectadas una a una cuando proceda. Los grupos tendrán un tiempo limitado para resolverlas. Seguidamente, el coordinador de cada grupo expresa la opción elegida al docente y éste anota los resultados obtenidos. Las lecciones expositivas del docente comenzarán con la explicación del experimento de Michelson y Morley y los postulados de la relatividad especial. A continuación, se abordarán las transformaciones de Galileo (en posiciones y velocidades). A este respecto el docente plantea las cuestiones 1 y 2 del Anexo 1. Por ejemplo, en la primera cuestión el alumnado debe deducir que la velocidad de la luz no es invariante bajo transformaciones de Galileo. Por otro lado, en la cuestión 2 los grupos deben comprobar que dichas transformaciones mantienen invariante la segunda ley de Newton para todos los sistemas inerciales. Más adelante, el docente continúa con la explicación de las transformaciones de Lorentz, añadiendo a modo de ampliación la transformación en velocidades. Se irán intercalando las cuestiones 3, 4, 5, 6 y 7 del Anexo 1. Para las cuestiones 6 y 7 el docente calculará primero en pizarra la contracción de la longitud y la dilatación del tiempo para un caso específico. Luego preguntará el caso contrario a los alumnos y alumnas. Por ejemplo, dado un sistema en reposo S y otro sistema S' que se mueve respecto a S a una velocidad constante, el docente demuestra que si una varilla está anclada a S entonces S' aprecia una contracción de la longitud. Luego, en la cuestión 6 se plantea al alumnado el caso contrario, es decir la varilla anclada al sistema S' . Los alumnos y alumnas deben deducir que ahora es el sistema S el que aprecia una contracción de la longitud. Por último, el docente termina impartiendo una breve explicación sobre dinámica relativista y plantea la cuestión 8 del Anexo 1. Nótese que todas las cuestiones requieren de un análisis profundo y comprensión de las ideas en juego.

Productos de evaluación

Respuestas a las cuestiones del Anexo 1. Cada miembro del equipo tendrá asociada la misma

calificación (en base 10). Así se pretende que el alumnado sea más solidario y eficiente a la hora de intercambiar ideas.

Actividad 2: Clemencia la circunferencia y Amado el cuadrado

Criterio de evaluación:	Agrupamiento:	Número de sesiones:	Espacios:	Recursos:
BFIS02C10	Grupos fijos	1	Aula habitual	Pizarra y rotuladores.

Descripción

Esta actividad pretende consolidar los aprendizajes desarrollados durante las primeras 5 sesiones. El alumnado está distribuido en los mismos grupos de 4 miembros. Se reparte a cada grupo un texto sobre conceptos de relatividad especial (ver en el Anexo 2). Los equipos deben encontrar y corregir un total de 6 errores. Esta actividad permite al alumnado enfrentarse a un reto difícil pero asequible si se trabaja en equipo, debatiendo ideas y puntos de vista. Se está siguiendo la máxima de enseñar a “saber hacer” en contextos no triviales. Los equipos disponen de un total de 40 minutos. Al acabarse el tiempo, los coordinadores entregan el documento y el profesor resuelve en pizarra el ejercicio.

Productos de evaluación

Detección y corrección de errores del Anexo 2. Cada miembro del equipo tendrá asociada la misma calificación (en base 10).

Actividad 3: Problemas en equipo sobre relatividad especial

Criterio de evaluación:	Agrupamiento:	Número de sesiones:	Espacios:	Recursos:
BFIS02C10	Grupos fijos	2	Aula habitual	Pizarra y rotuladores.

Descripción

Esta tercera actividad servirá a modo de preparación para una futura prueba objetiva individual. Se trata de trabajar en equipo una colección de 4 problemas que se muestran en el Anexo 3. Se mantienen los mismos grupos. A cada grupo se le asigna un problema distinto. Al completar la

realización de un determinado problema, un representante del grupo sale a la pizarra y expone al grupo la resolución del problema. Aquí, el profesor debe actuar como guía para evitar que los alumnos y alumnas que no sepan como realizar los problemas se sientan perdidos. Es importante, la labor del secretario del grupo que mantenga el orden para que se pueda conseguir un clima de trabajo adecuado. Un total de 28 alumnos y alumnas repartidos en 7 grupos de 4 pueden ser difíciles de controlar sin definir responsabilidades dentro cada equipo.

Nota: la colección de problemas ha sido diseñada a partir de ejemplos disponibles en [9].

Productos de evaluación

Exposición de los problemas realizados por parte de los representantes de cada equipo.

Actividad 4: Prueba objetiva sobre relatividad especial

Criterio de evaluación:	Agrupamiento:	Número de sesiones:	Espacios:	Recursos:
BFIS02C10	Trabajo individual	1	Aula habitual	Pizarra y rotuladores.

Descripción

En esta actividad se realiza un examen individual para comprobar la correcta asimilación de conceptos. La prueba objetiva tiene un formato escrito que se adjunta en el Anexo 4. Las preguntas que ahí se enuncian tienen una dificultad similar a las trabajadas en grupo con anterioridad y, además, se ajustan bastante bien a los estándares de aprendizaje. Se incide en una de ellas en el cálculo simbólico, lo cual es un aspecto que se pretende mejorar con esta SA. Todas las cuestiones requieren un dominio conceptual considerable de los tópicos. Éste era otro objetivo, poner de manifiesto la importancia de las ideas en Física para llegar a conclusiones no triviales. Al concluir, el docente resolverá en pizarra las cuestiones planteadas en la prueba.

Productos de evaluación

Prueba objetiva individual cuya calificación está expresada en base 10.

Actividad 5: Experimentos mentales colaborativos sobre Física cuántica

Criterio de evaluación:	Agrupamiento:	Número de sesiones:	Espacios:	Recursos:
BFIS02C11	Grupos fijos	4	Aula habitual	Pizarra, rotuladores, proyector y portátil con conexión a Internet.

Descripción

Esta actividad guarda una total analogía con la actividad 1 pero esta vez en relación al undécimo criterio de evaluación. De nuevo se comienza indicando al alumnado que comente sus ideas previas sobre Física cuántica. De esta forma, el docente podrá reconducirlas convenientemente a lo largo de las posteriores actividades. A continuación se procede con la visualización de un video motivador e introductorio: <https://www.youtube.com/watch?v=LdNKCEvWnGg>. En él se explica el experimento realizado entre la Palma y Tenerife en relación al enredo cuántico. Posiblemente, este contexto más cercano captará la atención del alumnado. Es decir, se usará el video como elemento motivador. Seguidamente, se procede de igual manera que en la actividad 1. Es decir, se imparten breves lecciones expositivas interrumpidas por actividades cooperativas. Los contenidos a abordar son diferentes pero la mecánica de la metodología es la misma que se describió con anterioridad. En el Anexo 5 se recogen las cuestiones a resolver en este caso, indicando su ponderación y limitación temporal. Los grupos siguen teniendo los mismos miembros. Como se puede apreciar, las cuestiones abordan conceptos claves de la radiación del cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico, la hipótesis de Planck, el principio de incertidumbre de Heisenberg, los espectros atómicos y la interpretación probabilística de los orbitales. De nuevo, es necesario un manejo de ideas y conceptos abstractos. Cabe destacar que se ha añadido dificultad en las cuestiones de cálculo simbólico. Se ha debido mejorar el nivel de partida a este respecto con las anteriores actividades.

Productos de evaluación

Respuestas a las cuestiones del Anexo 5. Cada miembro del equipo tendrá asociada la misma calificación (en base 10).

Actividad 6: Fuego de colores				
Criterio de evaluación:	Agrupamiento:	Número de sesiones:	Espacios:	Recursos:
BFIS02C11	Grupos fijos	1	Salón de actos	Wifi, reactivos químicos, cerámicas, pulverizadores , alcohol, agua destilada.
<p>Descripción</p> <p>Con el despliegue de esta actividad se pretende demostrar al alumnado que también es posible realizar experimentos caseros sobre Física cuántica. Adicionalmente, los alumnos y alumnas podrán realizar cálculos sobre los fenómenos naturales que observe. La actividad se plantea como una indagación, en términos coloquiales, el alumnado debe adivinar una serie de cuestiones a partir de sus cálculos. De nuevo será una actividad que se trabaje en los mismos grupos definidos desde el principio de la SA. Se tienen elementos en disolución (Na, K, Sr y Cu) contenidos en cuatro pulverizadores sin etiquetas. El objetivo del alumnado es averiguar a qué elemento corresponde cada pulverizador. Al pulverizar con cada disolución un fuego que se mantiene quemando alcohol, se observará un cambio de color en el mismo. Se apreciarán los colores naranja, violeta, rojo y verde. Conocidos los tres primeros niveles energéticos de los elementos citados, los alumnos y alumnas deben discernir a qué color se corresponde cada elemento. Así se habrá resuelto el misterio y se sabrá qué contiene cada pulverizador. En el Anexo 6 se muestran las indicaciones a seguir para que cada equipo supere la actividad con éxito. El alumnado podrá visualizar el espectro electromagnético en su móvil para llevar a cabo la actividad. Por supuesto, el hecho de observar el cambio de color en el fuego y saber interpretar el por qué, establecerá conexiones significativas que permitan aprendizajes más duraderos. En el siguiente enlace https://youtu.be/l0S4e3UGHps muestro una demostración casera que realicé. Se puede apreciar como el Na, K y Cu producen colores naranja, violeta blanquecino y verde respectivamente. Los alumnos y alumnas observarán una demostración similar a ésta en el salón de actos, que tiene la posibilidad de graduar la iluminación para favorecer la observación del fenómeno. Luego, en ese mismo espacio realizarán los cálculos y entregarán al docente las conclusiones inferidas. Por supuesto, bajo supervisión el alumnado tendrá la oportunidad de emplear los pulverizadores.</p>				
<p>Productos de evaluación</p> <p>Respuesta de cada grupo al Anexo 6. De la corrección por parte del docente se extraerá la correspondiente calificación (en base 10).</p>				

Actividad 7: Problemas en equipo sobre Física cuántica				
Criterio de evaluación:	Agrupamiento:	Número de sesiones:	Espacios:	Recursos:
BFIS02C11	Grupos fijos	3	Aula habitual	Pizarra y rotuladores.
<p>Descripción</p> <p>Esta séptima actividad constituye un entrenamiento para una prueba objetiva individual a realizar más adelante. Se trata de resolver en los mismos grupos fijos una colección de 4 problemas que se muestran en el Anexo 7. Cada grupo tiene asignado un problema. Según vayan acabando cada ejercicio, un representante de cada equipo expone en pizarra la solución al problema correspondiente.</p> <p>Nota: la colección de problemas ha sido diseñada a partir de ejemplos disponibles en [9].</p>				
<p>Productos de evaluación</p> <p>Exposición de los problemas realizados por parte de los representantes de cada equipo.</p>				

Actividad 8: Prueba objetiva sobre Física cuántica				
Criterio de evaluación:	Agrupamiento:	Número de sesiones:	Espacios:	Recursos:
BFIS02C11	Trabajo individual	1	Aula habitual	Pizarra y rotuladores.
<p>Descripción</p> <p>Para culminar la SA realizamos otra prueba objetiva escrita en la que los alumnos y alumnas demuestren los aprendizajes adquiridos. Dicho examen individual se adjunta en el Anexo 8. En este caso la prueba es puramente conceptual y no se requieren grandes cálculos. Aquí se vuelve a poner de manifiesto el enfoque buscado hacia el contraste de ideas en el ámbito científico.</p>				
<p>Productos de evaluación</p> <p>Prueba objetiva individual cuya calificación está expresada en base 10.</p>				

Evaluación

La evaluación de esta SA permite obtener calificaciones independientes para los dos criterios que se abordan. Cada una de ellas pasaría a formar parte del cómputo final de la asignatura como un promedio de calificaciones asociadas a cada criterio. Seguimos aquí las indicaciones definidas en la propuesta de PD expuesta en la sección 5. Así pues, de cada criterio se valoran las actividades cooperativas con un 35%, las pruebas objetivas con un 60% y la actitud en clase con un 5%.

Por un lado, en el criterio BFIS02C10 los Anexos 1 y 2 constituyen referentes para la evaluación de actividades cooperativas. Dentro del 35% correspondiente, se asigna un 40% al Anexo 1 y un 60% al Anexo 2 que requiere una mayor integración de conocimientos. Dentro de cada grupo esta nota de trabajo cooperativo será igual para todos sus miembros. Adicionalmente, el Anexo 4 se emplea como instrumento de evaluación objetivo suponiendo el correspondiente 60%. Por último, la actitud en clase se valorará a lo largo del desarrollo de las cuatro primeras actividades, haciendo especial énfasis en la actividad 3 que requiere un mayor grado de disciplina y compromiso. Dado que cada anexo (y también la actitud) tiene asignada una puntuación z en base diez, podemos expresar la calificación del décimo criterio como sigue:

$$z(\text{BFIS } 02C\ 10) = 0.35[0.4z(\text{Anexo } 1) + 0.6z(\text{Anexo } 2)] + 0.6z(\text{Anexo } 4) + 0.05z(\text{Actitud}).$$

Por otro lado, los Anexos 5 y 6 son los instrumentos de evaluación cooperativos en el criterio de evaluación BFIS02C11. En este caso, ambos tienen un grado de dificultad similar así que considero ponderaciones iguales (50%) dentro del 35% asignado al trabajo en equipo. El Anexo 8 constituye el referente de evaluación individual u objetiva, con un 60% de ponderación dentro del criterio. La actitud se evaluará de manera transversal durante el desarrollo de las últimas cuatro actividades. Con todo esto, la evaluación del undécimo criterio queda:

$$z(\text{BFIS } 02C\ 11) = 0.35[0.5z(\text{Anexo } 5) + 0.5z(\text{Anexo } 6)] + 0.6z(\text{Anexo } 8) + 0.05z(\text{Actitud}).$$

Análisis, reflexión final y evaluación personal

La SA planteada es, en mi opinión, pertinente pues responde a dificultades específicas y se focaliza en objetivos concretos. En las secciones 3 y 4 se detallan estas dificultades y objetivos. Sucintamente, se podría decir que se busca hacer más protagonista al alumnado mediante el trabajo cooperativo, mejorar su capacidad de abstracción y cálculo simbólico, fomentar la creatividad y la

discusión de ideas científicas, etc. Mediante los recurrentes experimentos mentales cooperativos que se proponen, se incide en cada uno de estos objetivos. Esto le aporta un grado aceptable de coherencia a la SA. De hecho, la faceta cooperativa tiene un peso importante en la evaluación que, a mi entender, es variada y formativa.

Es preciso indicar también que la SA tiene un alto contenido creativo. Los Anexos 1, 2, 4, 5, 6 y 8 son creaciones propias. A la hora de impartir una materia, opino que es vital desarrollar material propio. Esto otorga una mayor confianza al abordar el despliegue de los conocimientos. Ésto sumado a que la SA está adaptada a un contexto concreto definido en la sección 3, constituye un indicador de realismo o viabilidad de la misma. De hecho, durante el periodo de prácticas desarrollé algunas de las actividades diseñadas obteniendo resultados satisfactorios. El grado de motivación del alumnado fue sin duda la dificultad que logró una mayor mejoría.

A modo de crítica es necesario mencionar que acabar con problemas tan arraigados como la tendencia a la repetición, los aprendizajes no significativos o el papel pasivo del alumnado no es algo que se pueda hacer sólo mediante una SA. Por ello intenté extender el enfoque a toda la propuesta de PD. Esto aún así sería insuficiente en la mayoría de casos. Es preciso incluir aprendizajes cooperativos desde niveles inferiores y de manera transversal. Sólo si todo el cuerpo docente de un determinado instituto se coordina para intentar acabar con los aprendizajes memorísticos, poco profundos y sin conexiones significativas sería posible alcanzar resultados notables. En caso contrario, estaríamos ante el eterno cuento de unos pocos remando contra una corriente que se impone en el sentido equivocado. A mi entender el rumbo a seguir está bien definido en la LOMCE y es puramente constructiva. Es deseable pararse a reflexionar y dirigir los esfuerzos en esa dirección.

7. Bibliografía

[1] L. Álvarez Miño, Los experimentos mentales como recurso epistemológico en la física, Revista digital Innovación y Ciencia. Recuperado el 24/06/2018 de: https://innovacionyciencia.com/articulos_cientificos/los_experimentos_mentales_como_recurso_epistemol%C3%B3gico_en_la_f%C3%ADsica%20

[2] Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. Recuperado el 24/06/2018 de: <http://www.boe.es/boe/dias/2013/12/10/pdfs/BOE-A-2013-12886.pdf>

[3] Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Recuperado el 24/06/2018 de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2015-37>

[4] Física: Exámenes LOMCE, Recuperado el 24/06/2018 de: http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/web/bachillerato/ebau/examenes-recursos-coordin-materias/materias-ebau/fisica/examenes-lomce_fi.html#

[5] E. Martín Criado, El idealismo como programa y como método de las reformas escolares. Recuperado el 25/06/2018 de: http://www.academia.edu/2210444/El_idealismo_como_programa_y_como_m%C3%A9todo_de_las_reformas_escolares

[6] F. Moreno, Beneficios de trabajar en equipo en las aulas, Innovando en Educación. Recuperado el 25/06/2018 de: <http://www.innovandoeneducacion.es/beneficios-de-trabajar-en-equipo-en-las-aulas/>

[7] Decreto 81/2010 (8 de Julio). Recuperado el 25/06/2018 de: <http://www.gobiernodecanarias.org/boc/2010/143/001.html>

[8] Currículo oficial de la asignatura Física de 2º BACH establecido en el Decreto 83/2016. Recuperado el 26/06/2018 de: http://www.gobiernodecanarias.org/opencmsweb/export/sites/educacion/web/_galerias/descargas/bachillerato/curriculo/nuevo_curriculo/nuevas_julio_2015/troncales/13_fisica_v_28_dic.pdf

[9] J. Carrascosa Alís, S. Martínez Sala y M. Alonso Sánchez, Física (2º BACH), Recuperado el 26/06/2018 de:

<https://drive.google.com/file/d/0B72xyoVim3zVd0JVTVRxbW5TR0k/view?export=download>

[10] Escuela Activa Savia, Aprendizaje cooperativo: agrupación roles de los alumnos. Recuperado el 29/06/2018 de:

<http://www.escuelasavia.es/aprendizaje-cooperativo-agrupacion-roles-de-los-alumnos/>

[11] S. Saborío, P. Rodríguez y J. Chamorro, Enfoque constructivista: ventajas y desventajas. Recuperado el 26/06/2018 de: <https://uned2010-2.wikispaces.com/Art%C3%ADculos>

8. Anexos

En las siguientes páginas figuran los Anexos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 que muestran materiales, contenidos e instrumentos de evaluación de la SA en la sección 6.

ANEXO 1: Experimentos mentales colaborativos sobre relatividad especial

J. Onam González López

Julio, 2018

Señale la opción correcta en las siguientes cuestiones. En cada caso se indica la puntuación y el tiempo estipulados. La puntuación máxima total es un 10. Las cuestiones se deben trabajar en equipo y, por ello, es necesario el intercambio de ideas y razonamientos hasta llegar a un determinado consenso. En todos los casos S representa un sistema de referencia $OXYZ$, mientras que S' es un sistema $O'X'Y'Z'$ que se mueve con una velocidad v respecto a S en la dirección del eje x .

- Suponga que S y S' están relacionados mediante transformaciones galileanas. Si un rayo de luz se mueve con una velocidad c respecto a S , ¿Cuál será su velocidad respecto a S' ? (Tiempo: 5 minutos, Puntuación: 1/10)
 - c
 - $c - v$
 - $c + v$
- Suponga que S y S' están relacionados mediante transformaciones galileanas. Si $\vec{F} = m\vec{a}$ es la segunda ley de Newton referida al sistema S , ¿Cuál es la fuerza \vec{F}' referida a S' ? (Tiempo: 7 minutos, Puntuación: 1/10)
 - $\vec{F}' = \vec{F}$
 - $\vec{F}' \neq \vec{F}$
 - $\vec{F}' = 0$
- En qué límite las transformaciones de Lorentz se reducen a las de Galileo (Tiempo: 7 minutos, Puntuación: 1/10)
 - $v \gg c$
 - $v = c$
 - $v \ll c$
- La transformación inversa de Lorentz viene dada por (Tiempo: 10 minutos, Puntuación: 2/10)
 -

$$\begin{aligned}x &= \gamma(x' + vt') \\t &= \gamma\left(t' + \frac{vx'}{c^2}\right)\end{aligned}$$

(b)

$$\begin{aligned}x &= \gamma(x' - vt') \\t &= \gamma\left(t' - \frac{vx'}{c^2}\right)\end{aligned}$$

donde $\gamma = (1 - \frac{v^2}{c^2})^{-1/2}$.

5. Suponga que S y S' están relacionados mediante transformaciones de Lorentz. Si un rayo de luz se mueve con una velocidad c respecto a S , ¿Cuál será su velocidad respecto a S' ? (Tiempo: 5 minutos, Puntuación: 1/10)

- (a) c
- (b) $c - v$
- (c) $c + v$

6. Suponga que S y S' están relacionados mediante transformaciones de Lorentz. Si la varilla está en reposo respecto a S' con una longitud L' , la longitud L respecto a S será (Tiempo: 7 minutos, Puntuación: 1/10)

- (a) $L = L'\sqrt{1 - v^2/c^2} < L'$
- (b) $L' = L\sqrt{1 - v^2/c^2} < L$
- (c) $L = L'$

7. Un observador situado en la posición x respecto a S tira una moneda al aire y la recoge. El intervalo de tiempo entre estos dos sucesos es Δt . ¿Qué intervalo de tiempo medirá S' entre estos dos sucesos? (Tiempo: 7 minutos, Puntuación: 1/10)

- (a) $\Delta t = \Delta t'/\sqrt{1 - v^2/c^2} > \Delta t'$
- (b) $\Delta t' = \Delta t$
- (c) $\Delta t' = \Delta t/\sqrt{1 - v^2/c^2} > \Delta t$

8. Sabiendo que $\gamma \approx 1 + \frac{v^2}{2c^2}$ cuando $v \ll c$, la energía total de una partícula lenta es igual a (Tiempo: 10 minutos, Puntuación: 2/10)

- (a) la energía en reposo m_0c^2
- (b) la energía cinética $\frac{1}{2}mv^2 + m_0c^2$
- (c) la suma de la energía en reposo m_0c^2 y la energía cinética $\frac{1}{2}m_0v^2$

Nota: La opción correcta se encuentra resaltada en negrita.

ANEXO 2: Clemencia la circunferencia y Amado el cuadrado

J. Onam González López

Julio, 2018

El siguiente texto contiene 6 errores. Detéctelos y corríjalos. Detectar un error puntúa 0.67 y corregirlo 1, en total 1.67 por cada error solventado. La puntuación total es de 10 puntos. Los equipos deben consensuar las respuestas contrastando razonamientos. Se dispone de un total de 40 minutos para realizar la actividad.

El cuadrado Amado y la circunferencia Clemencia viven en un espacio de dos dimensiones espaciales. Amado está anclado a un sistema de referencia OXY . La intersección entre las rectas $x = 1$, $x = -1$, $y = 1$ e $y = -1$ define la forma de Amado. Clemencia está anclada a otro sistema de referencia $O'X'Y'$, siendo su ecuación correspondiente $x'^2 + y'^2 = 1$. En el instante inicial se cumple que $O' \equiv O$, de tal manera que Clemencia está inscrita en Amado. Seguidamente, Clemencia comienza a moverse hacia la derecha con una velocidad $\vec{v} = v \hat{i}$, siendo $v \lesssim c$.

Clemencia está triste porque su Amado ha cambiado. Clemencia observa a Amado como un rectángulo cuyos lados **verticales** han menguado. Amado no lo entiende pues él se ve como el cuadrado que siempre fue. Amado observa atentamente a Clemencia y se da cuenta de que **sigue siendo una circunferencia**. Amado y Clemencia ya no encajan pero Amado no se rinde y envía un rayo de luz a Clemencia. Clemencia ve el rayo de luz a una velocidad **mucho menor** que la que percibe Amado. Por fin el rayo de luz llega hasta Clemencia y se queda orbitando en torno a ella. Según Clemencia el tiempo que tarda el rayo en dar una vuelta es muy corto, pero Amado percibe un intervalo de tiempo **aún menor**. El rayo lleva un mensaje: “Clemencia soy tu Amado y sin ti quiero desaparecer”. Amado desaparece y transforma toda **su energía en masa en reposo**. Clemencia observa el destello y llora. El destello de Amado produce una onda que se propaga en todas direcciones. Esta onda recuerda a Clemencia la existencia de Amado. Por desgracia, la ecuación que describe esta perturbación respecto a observadores en reposo es **distinta**, en apariencia, a la que percibe Clemencia.

Nota: Los errores se encuentran resaltados en negrita.

ANEXO 3: Problemas en equipo sobre relatividad especial

J. Onam González López

Julio, 2018

1. Vemos pasar un tren cuya longitud en reposo es de 105 m . Si se desplazase con una rapidez de $0.99c$, ¿qué longitud mediríamos? (14.8 m)
2. Una nave espacial viaja a un planeta situado a 10 años luz de la Tierra. Si a la llegada al planeta el tripulante aprecia que la duración de su viaje ha sido de 3 años, determinad
 - (a) Velocidad de la nave respecto de la Tierra ($0.958c$)
 - (b) Duración del viaje medido desde la Tierra (10.44 años)
3. ¿A qué velocidad deberíamos movernos respecto de una moneda para que al pasar junto a ella la viésemos no como un círculo sino como un elipsoide cuyo diámetro mayor fuese el doble que el diámetro menor? ($v = 0.866c$)
4. Una nave espacial tiene una masa de 1000 kg . Si se aleja de la Tierra con una rapidez de $0.4c$
 - (a) ¿Cuál sería su energía para un observador terrestre? ($9.82 \times 10^{19}\text{ J}$)
 - (b) ¿y para un tripulante de la misma? ($9 \times 10^{19}\text{ J}$)

ANEXO 4: Prueba objetiva sobre relatividad especial

J. Onam González López

Julio, 2018

1. ¿Qué consecuencias se deducen del experimento de Michelson y Morley? (Puntuación: 3/10)
2. Una varilla tiene una longitud L en reposo. ¿Qué velocidad respecto de la varilla tiene un observador relativista que aprecia que la misma varilla mide $L/10$? ($0.949c$, Puntuación: 4/10)
3. ¿Qué cantidad de energía libera un neutrón en reposo de masa $1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$ al desaparecer? ($1.503 \text{ J} = 939 \text{ MeV}$, Puntuación: 3/10)

ANEXO 5: Experimentos mentales colaborativos sobre Física cuántica

J. Onam González López

Julio, 2018

Señale la opción correcta en las siguientes cuestiones. En cada caso se indica la puntuación y el tiempo estipulados. La puntuación máxima total es un 10. La cuestiones se deben trabajar en equipo y, por ello, es necesario el intercambio de ideas y razonamientos hasta llegar a un determinado consenso.

1. Un cuerpo negro a una temperatura T emite una energía por unidad de área y tiempo U . ¿Cuál será la emisión correspondiente a otro cuerpo negro con temperatura $2T$? (Tiempo: 5 minutos, Puntuación: 1/10)
 - (a) $2U$
 - (b) $16U$
 - (c) U
2. Un átomo posee tres niveles $\{1, 2, 3\}$ con energías $\{0\text{ eV}, 0.5\text{ eV}, 1.5\text{ eV}\}$. ¿Qué transición podrá absorber un fotón de energía $h\nu = 1\text{ eV}$? (Tiempo: 5 minutos, Puntuación: 1/10)
 - (a) $1 \longleftrightarrow 2$
 - (b) $1 \longleftrightarrow 3$
 - (c) $2 \longleftrightarrow 3$
3. Sobre un metal de frecuencia umbral ν_0 inciden fotones de frecuencia $\nu < \nu_0$. Si m es la masa del electrón, la velocidad máxima de los mismos viene dada por (Tiempo: 7 minutos, Puntuación: 2/10)
 - (a) 0
 - (b) $\sqrt{2h(\nu - \nu_0)/m}$
 - (c) $\sqrt{2h(\nu + \nu_0)/m}$
4. Sobre un metal de longitud de onda umbral λ_0 inciden fotones de frecuencia $\lambda < \lambda_0$. Si m es la masa del electrón y c la velocidad de la luz, la velocidad máxima de los mismos viene dada por (Tiempo: 7 minutos, Puntuación: 2/10)
 - (a) 0
 - (b) $\sqrt{\frac{2hc}{m\lambda\lambda_0}(\lambda_0 - \lambda)/m}$
 - (c) $\sqrt{\frac{2hc}{m\lambda\lambda_0}(\lambda - \lambda_0)/m}$

5. La longitud de onda de De Broglie asociada a una partícula es λ . Si una segunda partícula es tres veces más masiva y seis veces más lenta, ésta tiene una naturaleza ondulatoria (Tiempo: 7 minutos, Puntuación: 2/10)
- (a) más acentuada
 - (b) menos acentuada
 - (c) idéntica a la primera partícula
6. El electrón del átomo de hidrógeno tiene un estado excitado correspondiente a un orbital p. La función de onda asociada presenta un nodo. Esto quiere decir que (Tiempo: 5 minutos, Puntuación: 1/10)
- (a) los estados excitados no pueden ser jamás ocupados
 - (b) en dicho nodo hay probabilidad de presencia nula del electrón**
 - (c) en dicho nodo hay probabilidad de presencia máxima del electrón
7. Según el principio de incertidumbre de Heisenberg, si medimos con precisión la posición de una partícula (Tiempo: 5 minutos, Puntuación: 1/10)
- (a) su distribución de velocidades permanece invariante
 - (b) su distribución de velocidades se hace más picuda
 - (c) su distribución de velocidades se hace más ancha**

Nota: La opción correcta se encuentra resaltada en negrita.

ANEXO 6: Fuego de colores

J. Onam González López

Julio, 2018

En la experiencia de fuegos de colores se han observado cuatro colores distintos: naranja, violeta, verde y rojo. Ahora debe identificar a qué elemento corresponde cada emisión de un color determinado. Los posibles candidatos son Sr, Na, Cu, y K. Los primeros niveles energéticos de estos elementos son respectivamente $\{0\text{ eV}, 1.8\text{ eV}, 2.3\text{ eV}\}$, $\{0\text{ eV}, 2.1\text{ eV}, 3.2\text{ eV}\}$, $\{0\text{ eV}, 1.5\text{ eV}, 3.8\text{ eV}\}$ y $\{0\text{ eV}, 1.6\text{ eV}, 2.6\text{ eV}\}$. Se pide:

1. Construya los diagramas de energía correspondientes y calcule las longitudes de onda asociadas a cada una de las tres transiciones posibles. (Puntuación: 6/10)
2. Observando el espectro electromagnético en su dispositivo digital, señale a que región (y en el caso del visible color) corresponde cada transición (Puntuación: 2/10)
3. Deduzca razonadamente a qué elemento corresponde cada color (Puntuación: 2/10)

Datos: $c = 3 \times 10^8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s}$ y $1\text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{ J}$. Los distintos valores de los niveles de energía se han extraído del NIST (atomic spectra database).

Solución: El Sr emite en rojo debido a la transición 1 – 2 (691 nm), el Na en naranja debido a 1 – 2 (592 nm), el Cu en verde debido a 2 – 3 (540 nm) y el K en violeta debido a 1 – 3 (478 nm).

ANEXO 7: Problemas en equipo sobre Física cuántica

J. Onam González López

Julio, 2018

1. El trabajo de extracción para el caso del metal sodio es de $2.3 eV$. Se pide:
 - (a) ¿Cuál será la máxima longitud de onda que producirá emisión de fotoelectrones en ese metal? ($5.4 \times 10^{-7} m$)
 - (b) Si la luz incidente fuera de $200 nm$, ¿Cuál sería la energía cinética máxima de los electrones extraídos? ($3.91 eV$)
2. Se ilumina la superficie de un metal con luz de longitud de onda $180 nm$ y se comprueba que la energía cinética máxima de los electrones emitidos es de $1.5 eV$. También se observa que a partir de una longitud de onda de $230 nm$ deja de presentarse el efecto fotoeléctrico. Con estos datos calcula el valor de la constante de h de Planck.
3. Calculad la longitud de la onda asociada a una pelota de $150 g$ que se lanza a $200 km/h$ y comparadla con la de un electrón que se moviera con la misma velocidad. ($7.96 \times 10^{-35} m$ y $1.31 \times 10^{-5} m$)
4. Dadas las longitudes de onda de un electrón y de un protón. ¿Cuál es menor? Si las partículas tienen:
 - (a) La misma velocidad. (la del protón)
 - (b) La misma energía cinética. (la del protón)
 - (c) La misma cantidad de movimiento. (iguales)

ANEXO 8: Prueba objetiva sobre Física cuántica

J. Onam González López

Julio, 2018

1. ¿Por qué la Física clásica es incapaz de explicar la radiación del cuerpo negro o los espectros atómicos? ¿Qué conceptos introduce la Física cuántica para explicar estos fenómenos? (Puntuación: 3/10)
2. Si los fotoelectrones del cinc exigen un trabajo de extracción de 4.3 eV , ¿podrán liberarse electrones utilizando una luz monocromática cuya longitud de onda sea de 324 nm ? (No, Puntuación: 4/10)
3. Se sabe que las longitudes de onda De Broglie asociadas a dos partículas son de 10^{-34} m y 10^{-10} m respectivamente, ¿Qué conclusiones puede extraer en base a estas cantidades? (Puntuación: 3/10)