

Universidad de Oviedo

Facultad de Formación del Profesorado y Educación

**Máster en Formación del Profesorado de
Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y
Formación Profesional**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Título: Programación y análisis del currículo de Física de
2º de Bachillerato. Un tratamiento interdisciplinar
de la materia: “La Física como Filosofía Natural”.

Autor: ANDONI URRESTI GONZÁLEZ

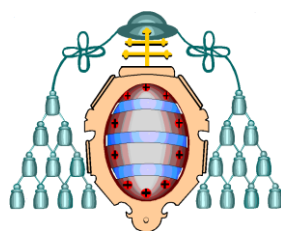
Tutor: JESÚS DANIEL SANTOS RODRÍGUEZ

Fecha: Junio 2014

Nº de Tribunal

11

Autorización del director/a. Firma



Universidad de Oviedo

Facultad de Formación del Profesorado y Educación

**Máster en Formación del Profesorado de
Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y
Formación Profesional**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Título: Programación y análisis del currículo de Física de
2º de Bachillerato. Un tratamiento interdisciplinar
de la materia: “La Física como Filosofía Natural”.**

Autor: ANDONI URRESTI GONZÁLEZ

Tutor: JESÚS DANIEL SANTOS RODRÍGUEZ

Fecha: Junio 2014

<p>Nº de Tribunal</p> <p>11</p>

<p>Autorización del director/a. Firma</p>

ÍNDICE

1ª PARTE. ANÁLISIS Y REFLEXIÓN SOBRE LAS PRÁCTICAS DOCENTES. 4

- 1. Descripción general del centro de referencia 4**
- 2. Reflexión sobre la relación entre el prácticum y el resto de materias cursadas en el máster 6**
- 3. Análisis y valoración del currículo oficial de la materia en Asturias 9**
- 4. Propuestas de mejora e innovación 10**

2ª PARTE. PROGRAMACIÓN DIDÁCTICA 11

- 1. Introducción 11**
- 2. Contexto..... 12**
 - 2.1. Marco Legislativo..... 12
 - 2.2. Centro de referencia 13
- 3. Objetivos..... 14**
 - 3.1. Objetivos generales de la etapa 14
 - 3.2. Objetivos de la materia 15
- 4. Metodología 16**
 - 4.1. Principios metodológicos..... 16
 - 4.2. Metodología concreta de las unidades didácticas 18
 - 4.3. Recursos materiales y didácticos e instalaciones 20
- 5. Atención a la diversidad..... 21**
- 6. Secuenciación y desarrollo de las unidades didácticas..... 22**
 - 6.1. Bloque I Interacción gravitatoria..... 23
 - 6.2. Bloque II interacción electromagnética 34
 - 6.3. Bloque III Vibraciones y ondas..... 46
 - 6.4. Bloque IV Óptica..... 59
 - 6.5. Bloque V Introducción a la física moderna 66
- 7. Evaluación 77**
 - 7.1. Criterios de evaluación 77
 - 7.2. Instrumentos de evaluación..... 78
 - 7.3. Criterios de calificación 79

8. Bibliografía general y recursos didácticos.....	81
8.1. Libro de texto adoptado	81
8.2. Libros de texto del resto de editoriales	81
8.3. Bibliografía complementaria.....	81
8.4. Material audiovisual y recursos en internet	82
<u>3ª PARTE. PROPUESTA DE INNOVACIÓN</u>	<u>82</u>
1. Diagnóstico inicial	82
1.1. Ámbitos de mejora detectados	82
1.2. Contexto de la innovación	83
2. Objetivos.....	84
3. Justificación y marco teórico de referencia	84
4. Desarrollo de la innovación.....	88
4.1. Plan de actividades	88
4.2. Agentes implicados	91
4.3. Materiales de apoyo y recursos necesarios	92
5. Evaluación y seguimiento de la innovación	92
5.1. Evaluación del alumnado.....	92
5.2. Evaluación de la innovación	94
6. Referencias bibliográficas en el contexto de la innovación.....	96

1ª PARTE

ANÁLISIS Y REFLEXIÓN SOBRE LAS PRÁCTICAS DOCENTES

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CENTRO DE REFERENCIA

El IES Montevil está ubicado al sureste de Gijón en la confluencia de los barrios de Pumarín, Contrueces y Montevil, cuyo crecimiento urbanístico en los últimos años ha sido notable y de vital importancia para la ampliación del Centro en ocho unidades y su adecuación a necesidades futuras, aunque el paso de los años ha descubierto ciertas carencias en los espacios.

Los aspectos históricos más relevantes que afectan al centro los podemos encontrar en su propio Proyecto Educativo del Centro (PEC). Así podemos ver que el instituto se creó en el curso 1989-1990, ocupando provisionalmente el edificio de un Colegio cercano hasta que en el curso 1992-1993 se pudo inaugurar el actual edificio del Instituto de Educación Secundaria (IES). Durante esta primera etapa la denominación del centro era “Instituto N°8”, hasta que en una sesión del Claustro se aprobó designar al Instituto como IES Montevil en referencia al barrio de Gijón en el que se emplaza. Ese nombre se publicó en el BOE del 24-5-1996. Además, durante el curso 2000-2001 se procedió a la ampliación del centro añadiendo un edificio contiguo al preexistente para acoger a los alumnos del primer ciclo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (1º y 2º de ESO).

Desde su fundación ha impartido Educación Secundaria Obligatoria (el primer ciclo desde el curso 2000-2001 como hemos mencionado anteriormente) y los dos cursos de Bachillerato, en las modalidades de Ciencias y Tecnología y Humanidades y Ciencias Sociales. Actualmente se desarrolla un programa bilingüe con un grupo en cada uno de los cursos de la ESO.

Además de las instalaciones más relacionadas con la docencia de la materia de Física (que se describirán en la Programación), un aspecto fundamental de cualquier centro son las aulas, que en el caso del IES Montevil son amplias y luminosas. De hecho en varios casos el tamaño de las aulas resulta excesivo, dado el cambio de legislación que ha reducido el número máximo de alumnos por aula. En consecuencia, se ha procedido al desplazamiento de tabiques, para adaptar el tamaño de las aulas a las nuevas necesidades, y la eliminación de soportales que existían en los patios interiores, para ganar espacio para nuevas aulas y departamentos. Prácticamente todas las clases cuentan con pizarra tradicional y pizarra blanca, así como con un cañón que permite proyectar sobre esta última. Algunas, pero no todas, cuentan con pizarras electrónicas (normalmente en los grupos bilingües) pero generalmente infrutilizadas por problemas técnicos (incompatibilidades o falta de instalación de software de control de la misma) además de la resistencia de algunos profesores a utilizarlas.

A pesar de la ampliación realizada y las reformas emprendidas, la superficie total del centro sigue siendo insuficiente para atender al número de alumnos que se

matriculan en el centro. El problema se acentúa especialmente en cuestiones de atención a la diversidad a partir de apoyos, desdobles, agrupamientos flexibles, etc. Por las previsiones de matrícula de los centros adscritos y multiadscritos al IES Montevil, se prevé la necesidad de añadir un grupo en el primer curso de la ESO en el curso 2014-2015. Sin embargo, en realidad, las instalaciones del centro difícilmente podrían acoger al número de alumnos previsto, siendo necesarias nuevas ampliaciones del edificio o alguna medida de la consejería al respecto.

Personal laboral

En el presente curso la plantilla de profesores está integrada por 71 profesores (45 mujeres y 26 hombres) de los cuales 63 tienen destino definitivo en el centro, 2 están destinados en Comisión de servicio y 6 son interinos.

Además del personal docente el centro cuenta en su plantilla con 3 auxiliares administrativos, 4 ordenanzas y 5 operarias de servicios. Tal como hacen constar en el PEC, en el presente curso falta por cubrir una plaza de ordenanza, otra de operaria de servicios y recientemente se jubiló una persona de Secretaría.

Horario

El inicio de las clases es a las 8:20 de la mañana y la jornada escolar finaliza a las 15:30 tras la séptima hora. Las clases tienen una duración de 55 minutos con un descanso de 30 minutos entre la 3ª y la 4ª (y otro de 15 minutos tras la 6ª, para aquellos alumnos cuya jornada se prolongue hasta las 15:30).

Además, para que los alumnos puedan participar en programas institucionales como el Programa de Acompañamiento, así como utilizar la Biblioteca y otras instalaciones del centro para actividades extraescolares o complementarias y deportivas, el Instituto abre sus puertas todos los martes y jueves de 17:00 a 19:00.

Alumnado

Hay un total de 667 alumnos matriculados en el centro: 298 (el 44,68 %) mujeres y 369 (el 55,32%) hombres. En general están distribuidos homogéneamente, aunque se dan casos extraordinarios en los que hay un claro predominio masculino (especialmente en las asignaturas optativas de carácter científico-tecnológico, como el caso particular de la Física de 2º de Bachillerato).

Hay un total de 96 repetidores (14,39%) concentrados en los tres primeros cursos de la ESO (76). Este hecho se nota a la hora de dar clase, siendo mucho más heterogéneos los agrupamientos de la ESO, especialmente en lo referente a la actitud.

En el centro conviven 12 nacionalidades, además de la española: argentina, brasileña, búlgara, chilena, china, colombiana, dominicana, ecuatoriana, marroquí, portuguesa, rumana y ucraniana. En total hay 30 estudiantes (el 4,44%) con nacionalidad extranjera, distribuidos bastante homogéneamente a lo largo de los distintos grupos y cursos.

Departamento de Física y Química

Está formado por tres profesores, todos ellos con una larga experiencia docente lo cual repercute positivamente en la calidad de la educación impartida. Sin embargo, existe el riesgo real de la jubilación de uno de sus miembros con menos horas de docencia directas (por la reducción horaria al formar parte del equipo directivo del centro). La opción que quizás se tome no sea la de ofertar una nueva plaza para cubrir las horas correspondientes sino asignar esas horas a otro de los profesores del departamento y reducir la oferta de optativas (actualmente se imparte Mecánica en 2º de Bachillerato y corre el peligro de desaparecer). Esta medida podría suponer una disminución de la pluralidad y de la calidad de la educación, difícilmente justificable aludiendo únicamente a los aspectos económicos.

2. REFLEXIÓN SOBRE LA RELACIÓN ENTRE EL PRÁCTICUM Y EL RESTO DE MATERIAS CURSADAS EN EL MÁSTER

A lo largo del Máster se ha insistido en que gran parte de los contenidos de las asignaturas teóricas impartidas en la Universidad tenían como eje conductor la realización de las prácticas en el instituto, así como la preparación de las mismas. A continuación, se recoge una breve reflexión sobre el grado de vinculación con el Prácticum de cada una de las asignaturas cursadas.

Procesos y Contextos Educativos (PCE)

Es una asignatura bastante densa y con una considerable carga de trabajo al incluir cuatro bloques distintos (cada uno con su correspondiente profesor y trabajo): Características organizativas de las etapas y centros de secundaria; Interacción, comunicación y convivencia en el aula; Tutoría y orientación educativa; y Atención a la Diversidad. De cara al Prácticum, quizás sea una de las asignaturas donde más se percibe la diferencia entre la visión del profesorado de la Universidad y el que se encuentra en los institutos. Desde las clases teóricas del Máster, se nos ha pedido analizar documentos como la Programación General Anual (PGA) o el Plan de Acción Tutorial (PAT) y se les ha dado una gran importancia que contrastaba fuertemente con la atención que los docentes dan a esos documentos en los institutos. En el día a día del centro, daba la impresión de que las únicas personas que conocían lo que contenían dichos documentos eran los que lo habían redactado o sus responsables directos.

Sociedad, Familia y Educación (SFE)

Más allá de los contenidos concretos de la especialidad de cada uno de los futuros docentes o de los aspectos burocrático-administrativos que debe manejar en su labor profesional, resulta interesante prestar atención a los valores y actitudes que el profesorado transmite como parte del “currículum oculto”. En este sentido, y a pesar de que durante las Prácticas apenas se tuvo contacto con las familias, SFE supone un cambio de mentalidad para los docentes, desde la idea de “instructor” hacia la de “educador”. Al mismo tiempo, con este tipo de orientación se corre el riesgo de crear

que se están transmitiendo “valores”, cuando en realidad lo que se está haciendo es “adoctrinando” al alumnado. Para cumplir los objetivos de esta asignatura, parece necesario complementarla con cursos de formación permanente del profesorado.

Diseño y Desarrollo de Currículum (DDC)

Esta asignatura supone un primer contacto con la programación de las materias a impartir en secundaria, que servirá como formación inicial para posteriormente diseñar las dos unidades didácticas dentro del Prácticum. Además de definir y diferenciar cada uno de los elementos del currículo, exige una revisión de la legislación, bastante útil de cara a otras tareas. Sin embargo, las pocas horas de clase de la asignatura dificultan percibir su continuidad y coherencia interna, además de contrastar con las horas de trabajo autónomo que exige.

Aprendizaje y Desarrollo de la Personalidad (ADP)

Aparentemente, ha tenido poca aplicación directa durante el Prácticum, puesto que parte de las explicaciones teóricas iban dirigidas a entender el desarrollo en etapas anteriores a la secundaria y, en otras ocasiones, la realidad se mostraba mucho más compleja que el caso teórico ideal, dificultando la puesta en práctica de lo aprendido. Sin embargo, los contenidos de esta asignatura constituyen una base bastante bien organizada y comprensible desde la que tratar de entender buena parte de la realidad educativa: la estructura del sistema educativo en distintas etapas (aproximadamente coincidentes con las etapas piagetianas del desarrollo), las diferencias entre las formas de enseñar y aprender las distintas materias, los fundamentos teóricos que respaldan los sucesivos intentos de reformas e innovaciones educativas, etc.

Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)

Las aulas cada vez están más llenas de TICs y el profesorado debe estar formado adecuadamente para emplear y sacar el máximo rendimiento a las herramientas de que dispone, a fin de que no se conviertan en un mero decorado de las exposiciones. En las horas del Máster dedicadas a este tipo de formación se ha perseguido ese objetivo, pero con la asignación de un único crédito resulta prácticamente imposible hacer algo más que una breve introducción o poner algún ejemplo (en nuestro caso un blog) de utilización didáctica de las TICs. La asignatura en conjunto, aunque útil, da la sensación de poder ser absorbida por alguna otra del máster (como Innovación o Enseñanza y Aprendizaje) o deber ser trasladada a los cursos de formación de los Centros de Profesores y Recursos.

Innovación Docente e Iniciación a la Investigación Educativa

El grado de relación con el Prácticum de esta asignatura ha dependido bastante de la propia implicación del alumnado del Máster. En el centro de prácticas uno se podía encontrar con distintos estilos de profesor, más o menos implicados con la innovación docente y la renovación en los métodos de enseñanza. Del mismo modo, la asignatura podía llevarse a cabo desde un plano puramente teórico o podía tratar de aplicarse algún

tipo de innovación y contrastar su verdadera utilidad. En cualquier caso, el hecho de que la asignatura se incluyese dentro del módulo genérico y que tuviese un carácter dual (innovación e investigación), ha podido dificultar que se obtuviese de ella el máximo provecho. Del mismo modo que no es lo mismo enseñar Física que Educación Física, la forma de plantearse las innovaciones en una y otra materia debe ser distinta. Pudiera ser más beneficioso para los estudiantes del máster que esta asignatura se diese como parte del módulo de la especialidad o vinculada a la asignatura de Aprendizaje y Enseñanza.

Complementos de Formación Disciplinar: Física y Química (CFD)

Esta asignatura tiene una gran utilidad para el alumno de la especialidad. Hay que tener en cuenta que, a diferencia de otras materias (como Matemáticas), el futuro profesor deberá dar dos materias diferentes, Física y Química y, en general, su formación previa está descompensada hacia una u otra. Así, CFD aunque evidentemente no puede aspirar a repasar todo el temario de Física y Química que un profesor de esa materia debe conocer, sí es muy útil para compensar las carencias que el futuro docente pudiese tener. Además, en relación al Prácticum aborda aspectos sumamente necesarios: análisis directo del currículo concreto de las materias a impartir, diseño de actividades orientadas a su aplicación real en el aula, realización de varias exposiciones a modo de entrenamiento de las competencias comunicativas, etc.

El Cine y la Literatura en el Aula de Ciencias

Durante el Prácticum, apenas se ha podido aprovechar lo aprendido en esta asignatura en el desarrollo de las clases, al sólo haber impartido dos unidades didácticas, con los tiempos bastante ajustados. No obstante, esta optativa sí ha servido para profundizar en el uso combinado de las TICs y el cine (o las series de televisión, documentales, programas, etc.), al tiempo que ampliaba horizontes a la hora de utilizar la Literatura como recurso didáctico. En este sentido, se ha tratado de integrar en la programación didáctica el uso de algunos fragmentos de documentales (como la serie de “El Universo Mecánico”) y la propuesta de diversas lecturas de ampliación más allá de las recogidas en los libros de texto (como “Biografía de la Física” de Gamow).

Aprendizaje y Enseñanza: Física y la Química

Se trata, muy posiblemente, de una de las asignaturas del Máster más útiles de cara a convertirse en un profesor. Las actividades propuestas, si bien suponían una gran cantidad de tiempo y esfuerzo (en comparación con otras asignaturas), tenían una aplicación directa en el Prácticum, para el presente trabajo o de cara a una oposición. Se ha trabajado, entre otras cosas, sobre el diseño de unidades didácticas ajustadas a las peculiaridades de la especialidad, el currículo y las modificaciones que se prevén con la entrada en vigor de la nueva legislación, las principales líneas de investigación e innovación en la materia, la creación de materiales de cara a preparar una oposición (desde los temas a estudiar hasta la programación a presentar), etc. Por otro lado, a pesar de las ventajas de cursar esta asignatura simultáneamente al Prácticum, presentaba el inconveniente de que la carga de trabajo interfería en ocasiones con el horario en el

instituto y dificultaba el cumplimiento de los plazos de entrega. Quizás fuese más provechoso impartir esta asignatura en el primer semestre para evitar ese solapamiento y que los contenidos de la misma sirviesen como preparación para las prácticas posteriores.

Propuestas de mejora

Respecto a la coordinación del Máster y la relación entre las materias teóricas y el Prácticum, cabe señalar dos aspectos que se consideran mejorables:

- Parte de las actividades realizadas durante el primer semestre, se duplican al tener que redactar la memoria de prácticas. Esto podría evitarse de dos formas: si desde el principio se conociese el centro de prácticas asignado a cada alumno, éste podría realizar los análisis de la documentación del centro en las distintas asignaturas directamente sobre el instituto al que será destinado; si esto no fuese posible, los trabajos de análisis encargados durante el primer semestre podrían directamente sustituirse por los equivalentes de la memoria de prácticas.
- En varias asignaturas parece utilizarse el hecho de que el alumnado del máster debe desarrollar la “competencia para el aprendizaje autónomo”, como pretexto para condensar asignaturas completas de otros grados (magisterio/pedagogía/psicología) en bloques de unas pocas horas. Esto conduce a la existencia de asignaturas con una serie de contenidos y objetivos difícilmente alcanzables de forma completa en las escasas horas de clase disponibles, condenándolas a la exposición teórica, acelerada y superficial de contenidos que difícilmente son asimilados por los estudiantes. Como consecuencia al alumnado del máster se le encargan trabajos, para cuya correcta realización no ha sido preparado, dejando en sus manos totalmente la tarea de documentarse adecuadamente y reinterpretar lo que se le está exigiendo. Ante esto, surge la pregunta: entonces ¿realmente son necesarias esas horas de clase teórica en las que los contenidos son tratados tan superficialmente? ¿Son sustituibles directamente por una serie de referencias bibliográficas adecuadas? No hay una solución clara ni única. Quizás fuese necesario reducir contenidos de las partes más accesorias para tratar con verdadera profundidad aquellos aspectos más importantes. Otra opción sería ampliar la duración del máster o proponer la existencia de dobles grados de cada especialidad con magisterio. O en el peor de los casos, convertir el primer semestre en un curso a distancia a partir de manuales escritos.

3. ANÁLISIS Y VALORACIÓN DEL CURRÍCULO OFICIAL DE LA MATERIA EN ASTURIAS

El Bachillerato en su triple finalidad formativa, orientativa y propedéutica, debiera aportar los contenidos necesarios para afrontar con éxito las etapas posteriores que, en el caso de la Física, se suponen asociadas a estudios superiores de la rama científico-tecnológica. Sin embargo, en la consecución de esos objetivos, la materia optativa de Física de 2º de Bachillerato (cuya programación se desarrollara en la segunda parte del trabajo) se ve obstaculizada por varios motivos:

- La separación de la asignatura de Mecánica de la Física en 2º de Bachillerato (presentadas como dos optativas diferenciadas), puede suponer un desajuste de cara a futuras carreras (especialmente en las ingenierías). Además la Física vaciada de los contenidos que ahora pasan a encuadrarse en la mecánica, queda inevitablemente incompleta (siendo la situación especialmente sangrante en los centros en los que no se oferta la Mecánica). Este hecho, puede tener consecuencias negativas en los resultados del alumnado en su tránsito desde el instituto a la Universidad.
- La PAU impone otra condición adicional, la finalización prematura de la tercera evaluación. Esto implica que, de las 140 horas que teóricamente tiene la materia, en realidad solo se dispone de unas 115 o 120 horas (en el curso 2013-2014 eran 116 para el IES de referencia). Si tenemos en cuenta lo extenso del currículo de 2º de Bachillerato de la materia de Física, esta reducción de entre 20 a 25 horas exige cambiar la metodología en determinadas unidades didácticas para adaptarse a los tiempos disponibles, empeorando la calidad de la educación impartida.
- La Física necesita de una serie de herramientas matemáticas que el alumnado debe controlar para poder comprender cuantitativamente los fenómenos explicados. El problema radica en que, parte de esos conocimientos “previos” forman parte de los contenidos de la materia de Matemáticas de 2º de Bachillerato (como las profundizaciones en el cálculo vectorial o el cálculo diferencial e integral), y el profesor de Física, se ve obligado a esperar a que sean expuestos en esa materia o a introducirlos prematuramente (con el gasto de tiempo que esto también significa).

Por otro lado, dada la inminente entrada en vigor de la LOMCE, merece la pena comentar algunas cuestiones de interés:

- En la LOMCE se introduce la Física y Química en 2º de la ESO, aunque el desarrollo concreto del currículo se ha dejado sin especificar, agrupando los contenidos a desarrollar en 2º y 3º de la ESO de forma conjunta y dejando margen de maniobra para repartirlos como sea oportuno. De cara a la materia de 2º de Bachillerato de Física, esto puede suponer una mejora en el nivel de partida del alumnado, aunque, como siempre, depende de la plasmación real de lo programado.
- Los contenidos específicos de 2º de Bachillerato no han variado significativamente. Las diferencias afectan más a los contenidos actitudinales y el formato de redacción. Por ejemplo, la LOE hace mayor hincapié en la evolución histórica de los conceptos y los debates que suscitaron y recoge más explícitamente actitudes y valores, mientras la LOMCE enuncia contenidos casi exclusivamente ligados a conceptos.

4. PROPUESTAS DE MEJORA E INNOVACIÓN

Después de analizar y valorar el currículo oficial y contrastarlo con la realidad percibida en el centro de prácticas se propone la integración de un proyecto de innovación a desarrollar dentro de la programación didáctica, en respuesta a varios ámbitos de mejora detectados.

Aunque la propuesta de innovación: “La Física como Filosofía natural” se describirá con más detalle en la tercera parte del presente trabajo, se introducen a continuación los motivos que condujeron a su realización:

- En la LOE, como hemos mencionado, se especifican contenidos de carácter actitudinal e histórico, cuya relevancia a la hora de comprender la Física (y especialmente las revoluciones científicas) no puede ser desligada de sus consecuencias filosóficas (ya sean metafísicas, epistemológicas o éticas). Aunque en la LOMCE, pudiera parecer que esos contenidos han desaparecido, sus rasgos principales en torno a las revoluciones científicas y las características del método científico permanecen y deben ser abordados (de forma que la propuesta de innovación no tiene por qué quedar obsoleta con el cambio de legislación).
- Durante la experiencia en el instituto (y, anteriormente, como parte del alumnado) se ha percibido una gran división entre aquellos que se consideran a sí mismos “de letras” y los que se consideran “de ciencias”. Esta división, que no es nueva en absoluto, tiene el potencial peligro de producir generaciones de “analfabetos científicos” entre los estudiantes de humanidades y un creciente resentimiento por parte de los “científicos” hacia los estudiantes del ámbito humanístico y social, quienes expresan su frustración comentando “¿por qué nosotros tenemos que estudiar Lengua y Literatura y ellos no tienen que saber física?”.

Ante este panorama, se considera oportuno tratar de reconciliar las “letras” y las “ciencias”, planteando un hilo conductor de la materia ligado a sus aspectos históricos, filosóficos y sociales, tratando de recuperar el ideal de la Ilustración en la que los mayores científicos eran al mismo tiempo los mayores humanistas. Evidentemente éste es un objetivo sumamente ambicioso y debe ser adaptado a las condiciones de una materia de 2º de Bachillerato. A tal fin, se expondrán (como parte de los contenidos transversales del currículo oficial) cuestiones relacionadas fundamentalmente con las características del método científico, las revoluciones científicas y sus repercusiones y las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA). El desarrollo (y la temporalización) de dichas exposiciones se coordinará con el Departamento de Filosofía, contando con su asesoramiento al abordar contenidos propios de la materia Historia de la Filosofía de 2º de Bachillerato. Además, las exposiciones en clase se complementarán con lecturas de ampliación, que contribuyan simultáneamente a la adquisición de la competencia lingüística por parte de los estudiantes.

2ª PARTE

PROGRAMACIÓN DIDÁCTICA

1. INTRODUCCIÓN

La presente programación desarrolla la materia de Física de 2º de Bachillerato (modalidad de Ciencias y Tecnología), teniendo en cuenta el Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, aprobado por el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) y que

establece la estructura y las enseñanzas mínimas de Bachillerato como consecuencia de la implantación de la Ley Orgánica de Educación (LOE), y su desarrollo en el Principado de Asturias por el Decreto 75/2008, de 6 de agosto, por el que se establece el currículo de Bachillerato para esta comunidad.

De acuerdo al artículo 32 de la LOE, esta etapa ha de cumplir diferentes finalidades educativas: proporcionar a los alumnos formación, madurez intelectual y humana, conocimientos y habilidades que les permitan desarrollar funciones sociales e incorporarse a la vida activa con responsabilidad y competencia, así como para acceder a la educación superior (estudios universitarios y de formación profesional de grado superior, entre otros). Para conseguir dichos objetivos se hace necesaria una adecuada planificación, que cristaliza en las distintas programaciones didácticas que deben especificar los objetivos, contenidos, criterios de evaluación y metodología, así como las medidas de atención a la diversidad oportunas.

La materia de Física, en particular, debe destacar su carácter empírico y predominantemente experimental, combinándolo con su faceta de construcción teórica, a fin de que el alumno desarrolle el pensamiento abstracto y comprenda la complejidad de los problemas científicos y el significado profundo de las teorías y modelos que se han ido desarrollando para explicar los aspectos físicos del Universo. Al mismo tiempo, se debe transmitir al alumnado que la Física forma parte de un cuerpo más amplio de disciplinas científicas con las que guarda una estrecha relación. El desarrollo de este grupo de materias científicas debe incidir en sus aplicaciones tecnológicas y sus implicaciones sociales, tratando de reconciliar la cultura humanística y la científica, que parecen haber sufrido un cisma significativo en la conciencia colectiva. Esta programación trata de colaborar en la consecución de dicho objetivo, integrando aspectos relacionados con la historia de la física, sus aplicaciones tecnológicas, sus repercusiones en el progreso de la sociedad, las características del método científico y los debates filosóficos (metafísicos o éticos) que distintos descubrimientos científicos han producido a lo largo de la historia.

Por todo ello la Física constituye una de las piedras angulares de la cultura científica de nuestro tiempo, cuya presencia e importancia dentro del currículo de Bachillerato queda fortalecida por su función de soporte para otras materias científicas y técnicas y preparación para iniciar estudios universitarios del área científico-tecnológica, los ciclos formativos de grado superior, o directamente, al mundo laboral.

2. CONTEXTO

2.1. MARCO LEGISLATIVO

Normativa de carácter general

- Ley Orgánica 2006 de 3 de mayo de Educación (LOE).
- Real Decreto 83/1996, de 26 de enero, por el que se aprueba el reglamento orgánico de los I.E.S. (ROIES).

- Resolución de 5 de agosto de 2004, de la Consejería de Educación y Ciencia, por la que se modifica la del 6 de agosto de 2001, de la Consejería de Educación, por la que se aprueban las Instrucciones que regulan la organización y funcionamiento de los Institutos de Educación Secundaria del Principado de Asturias.
- Decreto 76/2007, de 20 de junio, por el que se regula la participación de la comunidad educativa y los órganos de gobierno de los centros docentes públicos que imparten enseñanzas de carácter no universitario en el Principado de Asturias.
- Decreto 249/2007 de 25 de septiembre, por el que se regulan los derechos y deberes del alumnado y las normas de convivencia en los centros no universitarios sostenidos con fondos públicos del Principado de Asturias.
- Circular de inicio de curso 2013-2014, del Principado de Asturias.

Normativa de carácter general

- Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- Decreto 75/2008, de 6 de agosto, por el que se establece el currículo en bachillerato en el Principado de Asturias.
- Circular de 12 de mayo de 2009 de la Dirección General de Políticas Educativas y Ordenación Académica sobre la evaluación final de Bachillerato.

2.2. CENTRO DE REFERENCIA

El centro de referencia es en el que se han realizado las prácticas, el I.E.S. «Montevil» de Gijón, ubicado en la calle Río Eo nº 74 (C.P. 33210) al sureste de Gijón en la confluencia de los barrios de Pumarín, Contrueces y Montevil. Las cuestiones generales sobre la historia, la plantilla, el alumnado y el horario del centro ya han sido descritas en el apartado de “Descripción general del centro de referencia” de la 1ª Parte.

Instalaciones

Se hará referencia a las instalaciones con relación más directa con la docencia de la materia de Física de 2º de Bachillerato o de utilidad general para el alumnado:

- Aulas de Tecnologías de la Información y la Comunicación: el centro dispone de tres aulas, todas ellas conectadas en red y con acceso a Internet.
- Biblioteca del centro: situada en la planta baja del edificio, consta de 80 puestos de lectura, más de 10.000 volúmenes y ordenadores con acceso a Internet.
- Departamento de Física y Química: situado frente a los laboratorios de Física y Química; está dotado con un ordenador con acceso a Internet y conectado a la impresora central del I.E.S. (situada en Secretaría). Actualmente, el Departamento de Física y Química está formado por tres profesores.
- Laboratorio de Química: adyacente al laboratorio de Física; se utiliza exclusivamente para la realización de las prácticas de laboratorio de los distintos cursos.

- Laboratorio de Física: se encuentra en la primera planta del edificio y se utiliza para impartir las clases de 4º de la ESO y 2º de Bachillerato. Está dotado de:
 - ♦ Cuatro mesas largas con seis puestos cada una, dispuestas en filas de a dos.
 - ♦ Un fregadero al fondo del laboratorio.
 - ♦ Una vitrina de cristal y diversos estantes y armarios en el fondo del laboratorio.
 - ♦ Pizarra blanca.
 - ♦ Pantalla extensible (sobre la pizarra lo que impide su utilización simultánea) y proyector con conexión para portátiles.
 - ♦ El material necesario para la realización de las prácticas de laboratorio (no solo las obligatorias de cara a la PAU, sino también otras complementarias).
 - ♦ Botiquín.

Descripción del grupo

La programación está contextualizada para el grupo de alumnos de 2º de Bachillerato que cursan la optativa de Física. Se trata de un grupo bastante homogéneo formado por 14 estudiantes, con predominio masculino con 11 alumnos y, solo, 3 alumnas. Todos ellos son de nacionalidad española.

En el grupo hay 1 alumno repetidor y 1 con la materia de Física y Química de 1º de Bachillerato pendiente (hay otros 3 alumnos con la materia pendiente, pero no cursan la optativa de Física). No son necesarias más medidas de atención a la diversidad, salvo las habituales por los distintos grados de interés y capacidad en la materia.

3. OBJETIVOS

Se toma como referencia el currículo del Principado de Asturias (Decreto 75/2008, de 6 de agosto), tal y como ha sido aprobado por su Administración educativa y publicado en su Boletín Oficial (22 de agosto de 2008).

3.1. OBJETIVOS GENERALES DE LA ETAPA

Según el artículo 4 del citado Decreto, esta etapa educativa contribuirá a desarrollar en el alumnado las capacidades indicadas en el artículo 3 del Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de Bachillerato, así como los dos que se incluyen a continuación:

- 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 y favorezca la sostenibilidad.
- 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 existentes e impulsar la igualdad real y la no discriminación de 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.

Los dos objetivos que incluye expresamente esta Comunidad Autónoma son:

- o) Conocer, valorar y respetar el patrimonio natural, cultural, histórico, lingüístico y artístico del Principado de Asturias para participar de forma cooperativa y solidaria en su desarrollo y mejora.
- p) Fomentar hábitos orientados a la consecución de una vida saludable.

3.2. OBJETIVOS DE LA MATERIA

- 1) Adquirir y poder utilizar con autonomía conocimientos básicos de la física, así como las estrategias empleadas en su construcción.
- 2) Comprender los principales conceptos y teorías, su vinculación a problemas de interés y su articulación en cuerpos coherentes de conocimientos.
- 3) Familiarizarse con el diseño y realización de experimentos físicos, utilizando el instrumental básico de laboratorio, de acuerdo con las normas de seguridad de las instalaciones.
- 4) Expresar mensajes científicos orales y escritos con propiedad, así como interpretar diagramas, gráficas, tablas, expresiones matemáticas y otros modelos de representación.

- 5) Utilizar de manera habitual las tecnologías de la información y la comunicación para realizar simulaciones, tratar datos y extraer y utilizar información de diferentes fuentes, evaluar su contenido, fundamentar los trabajos y adoptar decisiones.
- 6) Aplicar los conocimientos físicos pertinentes a la resolución de problemas de la vida cotidiana.
- 7) Comprender las complejas interacciones actuales de la Física con la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, valorando la necesidad de trabajar para lograr un futuro sostenible y satisfactorio para el conjunto de la humanidad, contribuyendo a la superación de estereotipos, prejuicios y discriminaciones, especialmente las que por razón de sexo, origen social o creencia han dificultado el acceso al conocimiento científico a diversos colectivos, especialmente a las mujeres, a lo largo de la historia.
- 8) Comprender que el desarrollo de la física supone un proceso complejo y dinámico, que ha realizado grandes aportaciones a la evolución cultural de la humanidad.
- 9) Reconocer los principales retos actuales a los que se enfrenta la investigación en este campo de la ciencia.

4. METODOLOGÍA

4.1. PRINCIPIOS METODOLÓGICOS

La metodología engloba los criterios y decisiones que organizan la acción didáctica en el aula, determinando, en el fondo, el modo de desarrollar la práctica diaria. En el caso de la Física, tal y como se recoge en el Decreto 75/2008, *“la metodología didáctica debe contribuir a consolidar en el alumnado un pensamiento abstracto que les permita comprender la complejidad de los problemas científicos actuales y el significado profundo de las teorías y modelos que son fundamentales para intentar explicar el Universo”*, contribuyendo a la triple finalidad de la etapa de formación general, orientación y preparación para estudios superiores.

Para alcanzar esos propósitos generales se tendrán en cuenta los siguientes principios metodológicos:

- **Participación e interacción:** entendiéndose como tal el hecho de que el alumno debe ser parte activa de su proceso de enseñanza-aprendizaje, sobre la máxima de que *“lo que se hace se aprende”*. Este principio debe hacerse compatible con la eficiencia, dado el escaso margen de tiempo para impartir los contenidos de la materia. Por ello es necesario recalcar la importancia del trabajo autónomo de los estudiantes y su implicación con el aprendizaje más allá del propio horario lectivo. La interacción entre alumnos se trabajará especialmente a través de trabajos en grupo, asociados a las prácticas de laboratorio y los temas transversales.
- **Motivación:** siendo imprescindible el interés del propio estudiante por la materia y su comprensión para alcanzar cualquier objetivo que se plantee. En este punto entran en juego varios aspectos interrelacionados:

- **Percepción de utilidad**: planteando la relación de los contenidos con la vida diaria, las aplicaciones tecnológicas, el desarrollo social, noticias de actualidad, etc. (es decir, las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad o CTS)
- **Personalización**: esforzándose en conectar con los intereses de los estudiantes adaptando (cuando sea posible) los enunciados de los problemas a cuestiones de especial significación para ellos. Por ejemplo se puede dar una visión ingenieril a determinados problemas, o captar su atención con temas llamativos para ellos como puedan ser series de televisión, videojuegos, ciencia-ficción, etc.
- **Variedad**: profundizando en la personalización, se debe atender a la diversidad de estilos de aprendizaje, ofreciendo distintos tipos de actividades para facilitar que el estudiante pueda alcanzar los objetivos propuestos sin que las dificultades para un tipo concreto de actividad le supongan un obstáculo insalvable.
- **Gradualidad**: planteando actividades de dificultad creciente y resolviendo dudas sobre las actividades más complejas (adaptándolas y ofreciendo pistas si es necesario). No se trata de una “reducción general del nivel”, sino que, manteniendo los criterios de evaluación, se refuerce el **autoestima** y se evite el abandono de la materia (e incluso de las expectativas de formación posterior) por parte de alumnos que alegan que “me gusta, pero no se me da bien”.
- **Aprendizaje significativo**: buscando la interiorización (no mera memorización) de los conocimientos atribuyendo un significado a lo que se debe aprender a partir de lo que ya se conoce. Se hace entonces evidente la importancia de obtener información sobre los **conocimientos previos** de los estudiantes. Hay que tener en cuenta que en ocasiones ellos mismos no son conscientes de (o no manifiestan) cuáles son esos conocimientos previos que ya poseen. Esto puede deberse a que no recuerdan si ya lo han dado en cursos anteriores, lo han estudiado pero no lo retienen o a que prefieren fingir desconocimiento para evitar que se den por supuestos determinados contenidos. En cualquier caso se debe tratar de obtener dicha información y construir a partir de ella los contenidos nuevos de forma **estructurada, coherente y comprensible**.
- **Globalización**: entendida desde una perspectiva múltiple que complemente los principios anteriores:
 - **Desarrollo global**: estimulando todas las capacidades del alumno, tanto físicas como afectivas, intelectuales y sociales, a partir, especialmente, de los contenidos transversales de la materia.
 - **Interdisciplinariedad**: en coherencia con lo mencionado en “percepción de utilidad”, se pondrán de manifiesto las relaciones de la Física, no solo con otras materias de carácter científico como la Química, la Biología, la Mecánica, etc. sino también con las materias consideradas “de letras” como la Historia o la Filosofía, a fin de “humanizar” las ciencias y reducir las distancias que en ocasiones separan a los estudiantes de las dos modalidades de Bachillerato.

- **Globalización de contenidos:** presentando los contenidos estructurados en torno a un tema concreto que actúa como eje organizador. En esta programación se desarrollan dos hilos conductores: campos y ondas para los contenidos centrales de la materia (para afianzar el carácter propedéutico de la materia, ya que es una cuestión con presencia en la mayoría de los estudios universitarios a proseguir por los alumnos); y las características del método científico, su desarrollo y la evolución de ambos conceptos para los contenidos transversales de la materia (reforzando su interdisciplinariedad).

4.2. METODOLOGÍA CONCRETA DE LAS UNIDADES DIDÁCTICAS

Los principios metodológicos citados se concretarán en el aula a la hora de desarrollar las unidades siguiendo el siguiente esquema general de trabajo (con los correspondientes ajustes cuando sea pertinente):

Análisis de los conocimientos previos

Previamente al desarrollo de la unidad se recogerá información sobre los conocimientos que los alumnos ya poseen en relación a la misma. Para ello, en la última sesión de la unidad anterior, se citarán los conocimientos que los estudiantes debieran (o pudieran) poseer de cursos anteriores (por unidades anteriores o por su propia cuenta) y se les interrogará en una escala de 0 a 10 sobre su grado de familiaridad con los conocimientos mencionados (siendo 0 desconocimiento absoluto y 10 familiaridad y manejo perfectos). Dada la poca fiabilidad de este sistema, se complementará con una serie breve de problemas y cuestiones sobre los contenidos que ya debieran conocer. Dicha serie se pondrá en común el día de inicio de cada unidad [valorándose como parte de la “asistencia y participación” (véase: 7.3. Criterios de calificación)] y servirá de doble indicador: de los conocimientos previos y de la motivación.

Introducción de la unidad

La sesión introductoria se apoyará en una presentación en formato digital:

- Corrección de serie previa de problemas y cuestiones, comprobando el grado de comprensión por parte de los alumnos y anotando los puntos más significativos.
- Estructuración de los contenidos de la unidad sobre un mapa conceptual.
- Captación del interés de los estudiantes a través de uno o varios de los puntos que puedan resultar más atractivos de la unidad. Dependiendo del caso, podrá ser un breve corte de video que muestre errores científicos del cine sobre los contenidos de la unidad, una aplicación tecnológica singular, una consecuencia del conocimiento científico que contradiga nociones de “sentido común” fuertemente arraigadas, etc.
- Introducción a los primeros contenidos de la unidad, comentando los acontecimientos históricos relacionados más relevantes.

Entre esta sesión y la siguiente se enviarán por correo electrónico las series de problemas (obligatorios/refuerzo/ampliación) y las lecturas de ampliación de la unidad (véase: 5. Atención a la diversidad, para más información sobre las series y lecturas).

Exposición de contenidos y desarrollo de la unidad

Tras la presentación y estructuración de la unidad, se sucederán varias sesiones en las que se explicarán los contenidos principales con la siguiente estructura general:

- Resolución de dudas sobre lo desarrollado en días anteriores o ejercicios propuestos.
- Justificación y motivación de la exposición de la sesión en curso.
- Explicación de la parte teórica correspondiente, ajustándose a los conocimientos previos puestos de manifiesto en la sesión introductoria. Para evitar que se desvincule la teoría de su puesta en práctica se ejemplificará esa relación a través de una aplicación en forma de problema o cuestión. Todo problema o cuestión que se resuelva en clase o se muestre en una presentación digital se facilitará a los alumnos por correo electrónico o impreso. Con ello pretende asegurarse que durante la clase estén atentos al procedimiento de resolución y no, simplemente, a copiar.
- Propuesta de ejercicios dentro de las series de problemas, relacionados con los contenidos que se han mencionado. En este momento se hará especial hincapié en aclarar los errores más habituales en la resolución de determinados ejercicios y se facilitarán los pasos a seguir en los problemas más complejos. Dentro de las series de problemas se atenderá a los principios de personalización, gradualidad y variedad, incluyendo actividades: sencillas de aplicación directa, repetitivas de afianzamiento, tipo de preparación para pruebas escritas, cuestiones de razonamiento sobre contenidos y de reflexión sobre consecuencias del avance científico, problemas de desafío, variación en los enunciados según los intereses mayoritarios de la clase, etc.
- Mención a los contenidos de la siguiente sesión.

En algunas de las unidades resulta especialmente interesante complementar tanto la motivación de los contenidos como su explicación con una presentación de PowerPoint (o similar), un vídeo breve, una simulación o un applet, etc. Sin embargo, al preparar cada sesión hay que tener en cuenta que aunque contamos con una pantalla extensible rápida de montar, es incompatible con la pizarra y alternar demasiado frecuente entre una y otra puede dispersar la atención y hacer perder tiempo y efectividad de la exposición. En consonancia, se preferirá concentrar el uso de apoyo audiovisual al inicio o al final de la sesión y así realizar una única transición entre pizarra y pantalla por sesión.

Prácticas de laboratorio

En las unidades que tengan una práctica de laboratorio asignada, ésta se realizará en una de las últimas sesiones de la unidad, a fin de asegurar su máximo aprovechamiento por parte de los estudiantes. En la programación se contemplan dos tipos de prácticas de laboratorio:

- Prácticas de P.A.U: se realizarán en el laboratorio, trabajando en grupo y procurando que cada alumno asuma sus responsabilidades y colabore con sus compañeros, para consolidar las habilidades de manipulación. Estas prácticas

suponen una buena oportunidad para fomentar la interacción alumno-alumno, intra-grupo e inter-grupos, de forma que aquellos que tengan más facilidades ayuden a los que presenten dificultades, además de dividir el trabajo y sacar el máximo provecho de las capacidades de cada uno.

- Simulaciones de prácticas utilizando applets: el guión de las prácticas y el funcionamiento del applet concreto se aclararán en la sesión expositiva más ajustada a los objetivos de la práctica. La realización de la simulación y la redacción del informe correspondiente la llevarán a cabo los estudiantes de forma individual y autónoma, buscando fomentar la implicación del estudiante con su propio aprendizaje y el desarrollo de su capacidad de manejo de las tecnologías de la información y la comunicación.

Tratamiento de temas transversales

En cada una de las unidades didácticas se incluye un apartado de temas transversales, cuyo tratamiento en profundidad estará condicionado al tiempo disponible y al interés mostrado por los alumnos. Estos contenidos, además de buscar la motivación de los estudiantes y la globalización en el tratamiento de la materia, permiten proponer un gran número de actividades diversas que exigen por parte de los alumnos la puesta en juego de todas sus competencias. Entre estas actividades se encuentran: debates en grupo clase, trabajos de investigación voluntarios, *role-playing*, trabajo sobre visionado de fragmentos de películas, etc.

El hilo conductor principal de este tipo de actividades (que, en principio, se desarrollarán en la última sesión de cada unidad) será la relación entre Filosofía y Física, desde la reflexión sobre el método científico y su desarrollo (epistemología) y las consecuencias profundas sobre la propia naturaleza de la realidad (metafísica). Al inicio del curso se propondrá a los estudiantes la realización de un trabajo escrito sobre una de las grandes revoluciones científicas, su desarrollo histórico y sus consecuencias filosóficas y sociales. Los detalles se concretarán en la primera sesión de la materia y se recordarán al tratar las unidades directamente afectadas. Esta visión de transversalidad, se complementará con referencias a las aplicaciones tecnológicas, la contribución de la ciencia al desarrollo social, su influencia en la evolución histórica, etc.

Resumen y síntesis de la unidad

Tras la exposición de los contenidos de la unidad (principales y transversales) se repasará los aspectos más importantes, sobre el mismo mapa conceptual utilizado para la presentación. Además, se resolverán las dudas que presenten los alumnos y se enfatizarán aquellos elementos esenciales de cara a la resolución de las series de problemas y a la prueba escrita.

4.3. RECURSOS MATERIALES Y DIDÁCTICOS E INSTALACIONES

Salvo que se produzca una situación excepcional, las clases se impartirán en el laboratorio de Física, cuya dotación ya se ha descrito. Además los alumnos contarán

como apoyo del libro de texto (véase: 8.1. Libro de texto adoptado) y cualquier presentación digital o problema resuelto por el profesor en clase será facilitado a los alumnos a través del correo electrónico. El resto de materiales necesarios para el seguimiento de las clases está descrito en el apartado 8 (Bibliografía general y recursos didácticos) y en los apartados correspondientes de cada unidad.

Además, tal y como se hace patente, es conveniente que el alumnado disponga de un ordenador con Internet. Si alguno de ellos no tuviese acceso a uno, se le facilitará el acceso a los del centro siempre que sea posible, se le dará información sobre los centros públicos a los que puede recurrir y, en última instancia, se le aportará el material equivalente en formato impreso.

5. ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD

En el Bachillerato, al ser una etapa no obligatoria y enfocada a continuar con estudios superiores y de especialización, la diversidad que requiere de una atención especial se ve significativamente reducida. No obstante, en el grupo de referencia, como en cualquier otro, cada alumno es diferente, tanto en su capacidad como en su motivación, interés, preferencias, formas de trabajo y ritmo de asimilación de los contenidos. En consonancia, el profesor debe favorecer un clima de respeto, confianza y trabajo adecuado, que permita conocer a sus alumnos lo mejor posible y obtener de cada uno el máximo rendimiento. En el caso concreto del grupo de referencia, se atenderá a:

- Alumnos a los que no sea aplicable la evaluación continua, tengan la Física y Química de 1º pendiente o en la evaluación final tengan una única materia pendiente, de acuerdo a lo establecido en el apartado 7.3. (Criterios de calificación).
- Alumnos con dificultades de aprendizaje en la materia: a través de las series de refuerzo y de recuperación específicas de cada unidad. Esas series incluirán problemas y cuestiones destinadas a reforzar los contenidos considerados mínimos para aprobar la asignatura. Si a lo largo del curso se percibe que algún alumno presenta dificultades especialmente graves, se podrán elaborar series adicionales de refuerzo, en las que los problemas se redacten de forma secuenciada guiando a su resolución y marcando pistas de qué contenidos de la unidad deberán ser aplicados. Esos ejercicios debieran servir para que el alumno interiorice el mecanismo de resolución de problemas especialmente importantes para alcanzar los objetivos de la materia y, si fuera necesario, se hará una recopilación de problemas similares a resolver (recurriendo como último recurso al aprendizaje por repetición). Además, como material de apoyo se entregarán series de problemas y cuestiones resueltos y/o recopilados por el profesor.
- Alumnos con facilidades de aprendizaje en la materia y/o que dan muestras de especial interés por los contenidos: a través de las series de ampliación de cada unidad. No se trata de cargar de más trabajo o exigir más a aquellos que se ven aventajados en la materia, sino de ofrecerles la posibilidad de desarrollar su capacidad y aumentar sus conocimientos. Para ello se incluyen en la programación

lecturas de ampliación que puedan despertar su curiosidad y motivar su investigación autónoma por determinados temas, así como problemas que les puedan suponer un desafío atractivo y les incentiven para seguir esforzándose en la materia (permitiendo el reflejo en la calificación de ese esfuerzo adicional).

Todas las series de problemas se enviarán por correo electrónico a todos los alumnos que cursen la materia, correspondiendo a su madurez personal la decisión de realizarlas o no y entregarlas o no. En cualquier caso se evitará llamar la atención sobre las dificultades de aprendizaje de alumnos concretos, para evitar cualquier riesgo de discriminación por parte de sus compañeros.

No se tiene constancia de ninguna otra circunstancia especial que requiera de una especial atención a la diversidad en el grupo de referencia. Si alguna surgiera a lo largo del curso, se atendería siguiendo las recomendaciones del Departamento de Orientación.

6. SECUENCIACIÓN Y DESARROLLO DE LAS UNIDADES DIDÁCTICAS

Siguiendo las directrices marcadas por el Decreto de Currículo del Principado se han agrupado los contenidos en cinco bloques, subdivididos a su vez en 15 unidades didácticas. El bloque de contenidos comunes supone una excepción, al ser tratado transversalmente a lo largo de todo el curso.

La materia tiene 140 horas de clase según la LOE (2006). Se han contado 116 horas lectivas disponibles desde el inicio de las clases hasta la evaluación final, teniendo en cuenta que los días en los que se imparte la materia son lunes, martes, miércoles y viernes. Las restantes 24 horas se pierden por días festivos o por el adelantamiento de la última evaluación como consecuencia de la PAU¹ (estas últimas se dedicarán a la preparación de la misma).

Por la presión de la PAU que suele afectar en mayor medida al último trimestre, se ha decidido colocar al principio de curso los bloques que pudieran exigir una mayor carga de trabajo por parte de los alumnos (Gravitación y Electromagnetismo). Progresivamente se avanzará hacia temas que, aunque tienen gran importancia y complejidad, por el nivel con que se imparten en el Bachillerato, podrán resultar más livianos (física moderna).

Bloques	Unidades didácticas	Sesiones
0. Contenidos comunes	Se tratarán transversalmente a lo largo de todas las unidades	
I. Interacción gravitatoria	1. El movimiento de los cuerpos celestes. Eppur si muove	4
	2. Ley de la gravitación universal. La fruta prohibida: la manzana de Newton	9
	3. El campo gravitatorio. Excursión al campo gravitatorio	10

¹ Según las instrucciones de final del curso 2013-2014 para 2º de Bachillerato, el último día lectivo antes de la evaluación final ha sido el 13 de mayo de 2014.

II. Interacción electromagnética	4. El campo eléctrico.	9
	5. El campo magnético. El campo al otro lado de la valla, el magnético	10
	6. Inducción electromagnética. La inducción. ¿Un tipo de razonamiento o un fenómeno físico?	10
III. Vibraciones y ondas	7. Movimiento vibratorio armónico simple. ¿Qué tienen en común la goma del pijama, el péndulo de un hipnotizador y un skater?	8
	8. Movimiento ondulatorio.	9
	9. Fenómenos ondulatorios. Reflexionando sobre la reflexión y otros fenómenos ondulatorios	7
	10. El sonido. No solo las olas sino el sonido de las olas.	5
IV. Óptica	11. Naturaleza de la luz. La luz no sabe qué quiere ser de mayor: onda o corpúsculo	6
	12. Óptica geométrica. Espejos, lentes y lentillas	10
V. Introducción a la física moderna	13. Física relativista. La búsqueda de lo absoluto	5
	14. Física cuántica. La frontera de la física clásica con el mundo cuántico, donde “lo que no está prohibido, es obligatorio”.	8
	15. Física nuclear y física de partículas. Dividiendo lo indivisible	6
Total		116

BLOQUE I: INTERACCIÓN GRAVITATORIA

Este bloque que constituye el punto de arranque del curso, permite abordar la interacción gravitatoria, la más débil de las cuatro interacciones fundamentales de la naturaleza. Su influencia en las relaciones entre partículas elementales es despreciable y, a efectos prácticos, no desempeña ningún papel en el estudio de las moléculas, los átomos, los núcleos atómicos, etc.

Igualmente, la atracción gravitatoria entre objetos de tamaño ordinario, como la que ejerce una persona sobre otra, es nuevamente insignificante. Sin embargo, la gravedad predomina a escalas astronómicas, cuando se estudia el comportamiento de planetas, satélites y estrellas. Esto es así porque: a diferencia de la interacción débil y la interacción fuerte es una interacción de largo alcance; y, a diferencia de la interacción electromagnética, es siempre atractiva. El bloque se divide en tres unidades didácticas.

Unidad didáctica 1. El movimiento de los cuerpos celestes

Esta unidad, que sigue un desarrollo histórico, permite abordar tres aspectos fundamentales: el movimiento de cuerpos a una nueva escala mucho mayor a la ordinaria, permitiendo explicar y poner en práctica conceptos fundamentales en mecánica como el momento angular y su conservación; la evolución de las

concepciones sobre los astros (centrándose en el estudio del Sistema Solar) tan afectadas por el progreso en los procedimientos de observación y medición; y la relación entre ciencia y sociedad a partir del caso histórico del juicio a Galileo. Todo ello sirve como introducción al tratamiento de la interacción gravitatoria, abordada en mayor profundidad en las dos unidades siguientes.

1. Objetivos

- Conocer la evolución histórica de las ideas sobre el movimiento planetario.
- Conocer las principales explicaciones sobre la posición de la Tierra en el universo y su contexto histórico.
- Estudiar el modelo geocéntrico. Analizar su justificación ideológica y la evolución geométrica que requirió para explicar los datos.
- Estudiar el modelo heliocéntrico. Justificar su existencia a partir de los datos y analizar los problemas ideológicos que suscita.
- Entender las condiciones en las que se conserva el momento angular y las consecuencias que se derivan de la conservación de dicha magnitud.
- Comprender la necesidad de establecer modelos que permitan interpretar el movimiento de los cuerpos celestes.
- Discutir el modo en que se pueden obtener los datos que permitan estudiar el movimiento de los cuerpos celestes.
- Conocer y comprender las leyes de Kepler (valorando las aportaciones de otros científicos) y utilizarlas para justificar y predecir el movimiento de cuerpos celestes.
- Conocer y valorar, desde un punto de vista histórico, los primeros modelos que sobre el universo propuso el ser humano.

2. Contenidos

2.1. Conceptos

- ▶ La esfera celeste. La observación de los cuerpos celestes.
- ▶ La descripción del mundo y el movimiento de los planetas a través de la historia.
 - ◆ Forma y tamaño de la Tierra.
 - ◆ Movimiento aparente de los cuerpos celestes.
 - ◆ Teoría geocéntrica de Aristóteles.
 - ◆ La escuela de Alejandría. Hypatia de Alejandría.
 - ◆ Teoría geocéntrica de Ptolomeo: La mecánica celeste del sistema geocéntrico.
 - ◆ La revolución copernicana: Teorías heliocéntricas.
- ▶ Nociones actuales sobre el sistema solar.
- ▶ Las leyes de Kepler.
 - ◆ Elaboración de las leyes de Kepler y las contribuciones de Galileo
 - ◆ Enunciado de las leyes de Kepler
 - ◆ Consecuencias de las leyes de Kepler, rango de validez y aplicación.

- ▶ La traslación de los planetas.
 - ◆ El momento angular. Caso particular de traslación de los planetas.
 - ◆ Conservación del momento angular.
 - ◆ Consecuencias de la conservación del momento angular.
- ▶ Simplificación del movimiento de los cuerpos celestes utilizando el concepto de centro de masas.
- ▶ Rotación de los cuerpos celestes.
 - ◆ Momento angular y rotación de los cuerpos celestes.
 - ◆ Energía cinética de rotación.
 - ◆ Caso particular de la Tierra: Norte geográfico y Norte magnético. Precesión del eje de rotación de la Tierra
- ▶ Ideas actuales sobre el origen y evolución del Universo
 - ◆ Modelo cosmológico del Big Bang
 - ◆ Formación de estructuras a gran y pequeña escala
 - ◆ Materia oscura y energía oscura

2.2. *Procedimientos, destrezas y habilidades*

- ▶ Resolución de problemas numéricos y cuestiones de carácter conceptual en los que sea necesario utilizar las leyes de Kepler.
- ▶ Aplicación de los conceptos sobre traslación y rotación de los cuerpos celestes en la resolución de problemas.
- ▶ Resolución de cuestiones teóricas que impliquen razonamiento.

2.3. *Actitudes*

- ▶ Interés por las explicaciones físicas de fenómenos cotidianos o de los fenómenos de la naturaleza, especialmente los celestes.
- ▶ Actitud crítica y razonada frente a las características del método científico.
 - ◆ Valoración de la evolución de las teorías en función del perfeccionamiento de los procedimientos de observación, medición y estudio.
 - ◆ Toma de conciencia de la primera revolución científica: la copernicana.

3. Criterios de evaluación

- Justificar en su contexto histórico el modelo geocéntrico y describir la evolución geométrica que exigió para explicar las observaciones.
- Describir el modelo heliocéntrico sus ventajas a la hora de explicar las posiciones de los cuerpos celestes observadas y los problemas ideológicos que suscitó
- Conocer y valorar, desde un punto de vista histórico, los primeros modelos que sobre el universo y la posición de la Tierra propuso el ser humano
- Caracterizar el movimiento planetario en cada modelo cosmológico.
- Emplear el concepto momento angular para demostrar el carácter central de la fuerza responsable del movimiento de los planetas y el hecho de que sus órbitas sean estables y planas.

- Interpretar el concepto de centro de masas aplicado al problema del movimiento de los cuerpos celestes.
- Conocer y comprender las leyes de Kepler (valorando las aportaciones de otros científicos) y utilizarlas para obtener y relacionar datos de la posición y la velocidad de los cuerpos celestes.
- Valorar, desde un punto de vista histórico, los primeros modelos sobre el universo y su evolución hacia los modelos cosmológicos actuales propuso el ser humano.

4. Temas transversales

Se propone la apertura de un debate en torno a las motivaciones que deben impulsar el desarrollo científico, en otras palabras ¿sobre qué debe investigar la ciencia? En previsión del estancamiento del debate se recomienda la asignación previa de roles para distintos grupos de estudiantes y la búsqueda por parte de éstos de información para defender su postura. Además de las posiciones que espontáneamente puedan manifestar los estudiantes, se sugerirán las siguientes:

- La ciencia por la propia ciencia: cualquier avance en la comprensión de la naturaleza de la realidad debe ser objeto de atención por parte de los científicos.
- Búsqueda de una aplicación: los intereses comerciales y la utilidad del desarrollo para la mejora de las condiciones de vida deben ser los criterios rectores en la elección de las investigaciones a desarrollar, a fin de hacer “avanzar” a la sociedad.
- La censura del desarrollo científico: la actividad científica debe estar controlada por criterios ético-morales que prevengan de los “monstruos de la razón” (¿puede ser esta la motivación de los críticos con Galileo, Copérnico, Giordano, etc.?)

5. Prácticas de laboratorio

Comprobación de las leyes de Kepler a partir de un *applet* como simulación.

6. Lecturas complementarias

- ▶ El sistema solar (EDE, 73).
- ▶ Galileo y las lunas de Jupiter (Chalmers, 1982, pp. 20-22).
- ▶ La exploración del espacio y el sistema solar (EVE, 62).
- ▶ Noticias y actividades para la reflexión (LAB, 187-188).
- ▶ Tycho y Kepler (ANA, 55).

7. Recursos didácticos.

- <http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/kepler.html>: *applet* sobre las leyes de Kepler, a utilizar en la práctica-simulación de esta unidad.
- <http://ilovemedi.es/proyectos/las-fases-de-la-luna/>: pagina aclaratoria sobre las fases de la luna y su observación desde la Tierra.
- <http://elsolylatierrauniverso.blogspot.com.es/>: blog en construcción sobre distintos aspectos de astronomía, con actividades adaptables a la unidad.

- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/celeste/anillos/anillos.htm>: página en la que se presentan diversos *applets*. En el primero de ellos se puede ver el movimiento de Júpiter desde dos puntos de vista el copernicano y el ptolemaico.
- Vídeos de la serie Universo Mecánico:
 - ♦ Capítulo 21: Las tres leyes de Kepler.
 - ♦ Capítulo 22: El problema de Kepler.
 - ♦ Capítulo 24: Navegación espacial.

Unidad didáctica 2. Ley de la gravitación universal

En esta unidad se estudiará cómo la publicación de los “*Principia*” de Isaac Newton (1642-1727) dio lugar a un importante cambio de las concepciones del mundo física, a la vez que ofrecía un método matemáticamente eficaz para desvelar las realidades del Universo. Se hará entender a los estudiantes el razonamiento que condujo a Newton a su explicación del movimiento de los cuerpos celestes y se hará hincapié en su alcance y poder explicativo de fenómenos tan diversos como los ciclos de las mareas o la duración de las estaciones.

1. Objetivos

- Conocer algunas características del conocimiento científico puestas de manifiesto por las contribuciones históricas de Galileo, Kepler, Newton (y otros científicos de la época): la idealización, el inductivismo y sus limitaciones o la dependencia mutua entre observación y teoría.
- Conocer y valorar la ley de la gravitación universal como teoría unificadora de la mecánica y como superación de las concepciones precedentes sobre la posición de la Tierra en el universo.
- Entender el razonamiento de Newton para dar con la causa del movimiento de los cuerpos celestes.
- Comprender el alcance de la ley de la gravitación universal. Manejarla en el ámbito celeste y en el terrestre.
- Utilizar la formulación vectorial de la fuerza gravitatoria para comprender la interacción entre un conjunto de masas puntuales.
- Aplicar los conocimientos sobre la fuerza gravitatoria para comprender algunos fenómenos observables, como el distinto peso de un mismo cuerpo en la Tierra y en la Luna, los ciclos de las mareas, la duración de las estaciones, etc.
- Comprender la ley de gravitación universal, la ley del inverso del cuadrado de la distancia y su relación.
- Asimilar la independencia de la masa de los cuerpos en el movimiento de caída libre o en otros que transcurran bajo la aceleración de la gravedad.
- Comprender la relación entre la ley de gravitación universal y las leyes de Kepler.
- Profundizar en la comprensión de la ley de gravitación universal, reconociendo la identidad entre masa inercial y masa gravitatoria.

2. Contenidos

2.1. Conceptos

- ▶ Precedentes de la ley de gravitación.
- ▶ La ley de gravitación universal.
 - ◆ Definición, formulación matemática y expresión vectorial.
 - ◆ Deducción de la ley de gravitación universal.
 - ◆ Determinación de la constante de gravitación. Experimento de Cavendish.
 - ◆ Principio de superposición.
 - ◆ Masa inercial y masa gravitacional.
 - ◆ El inverso del cuadrado de la distancia.
- ▶ Consecuencias de la ley de gravitación.
 - ◆ Aceleración de caída libre de los cuerpos en la superficie de los planetas. Independencia de la masa del cuerpo que cae.
 - ◆ Significado físico de la constante k en la tercera ley de Kepler.
 - ◆ Las mareas y sus características.
- ▶ El impulso de Galileo y Newton a la descripción física: la idealización.

2.2. Procedimientos, destrezas y habilidades

- ▶ Conocimiento y aplicación de técnicas de resolución de problemas como: representación gráfica de los problemas a estudiar, manejo del lenguaje simbólico, identificación de incógnitas, uso de herramientas de cálculo, etc.
- ▶ Uso de datos orbitales de satélites para la determinación de las masas planetarias.
- ▶ Aplicación de la ley de gravitación y la tercera ley de Kepler.
- ▶ Determinación de la aceleración gravitatoria a partir de las características de los cuerpos celestes.
- ▶ Resolución de cuestiones teóricas.
- ▶ Resolución de problemas numéricos en los que es necesario utilizar la ley de la gravitación universal, tanto en forma escalar como vectorial.
- ▶ Relación entre datos, modelos matemáticos y fenómenos cotidianos.
- ▶ Identificación de las fuerzas gravitatorias que intervienen en la vida cotidiana.
- ▶ Empleo de diversas fuentes de información, para los trabajos propuestos sobre la interacción gravitatoria y la evolución histórica de sus explicaciones científicas.

2.3. Actitudes

- ▶ Interés por la reflexión sobre el desarrollo científico, su dependencia (o independencia) con la ideología y su relación con la realidad, partiendo de argumentos coherentes y ejemplos históricos.
- ▶ Distinción entre la permanencia de los datos observacionales y la provisionalidad de la interpretación de los mismos, interpretando esta última como base del carácter no dogmático de la ciencia.
- ▶ Reconocimiento de la importancia de los modelos y su confrontación con los hechos empíricos.

- ▶ Valoración del papel de la ciencia para interpretar el mundo en que vivimos.

3. Criterios de evaluación

- Describir la deducción de Newton de la ley de gravitación universal y su comprensión como una idealización de un fenómeno observado.
- Utilizar la ley de la gravitación universal para explicar el movimiento de los cuerpos celestes y hacer cálculos relativos a su distancia al Sol y periodo orbital.
- Argumentar la importancia histórica de la gravitación universal y poner de manifiesto las razones que llevaron a su aceptación.
- Utilizar el cálculo vectorial para obtener la fuerza gravitatoria que un conjunto de pasas puntuales ejercen sobre otra masa.
- Explicar los ciclos de las mareas y la duración de las estaciones a la luz de la interacción gravitatoria.
- Resolver problemas de aplicación de la ley de gravitación y la tercera ley de Kepler.
- Relacionar la ley de gravitación universal con la ley del inverso del cuadrado y las leyes de Kepler.
- Calcular valores de aceleración superficial y el peso de un cuerpo en distintos planetas, a partir de las características orbitales de planetas y satélites.
- Definir la masa gravitatoria en el contexto de la ley de gravitación universal y distinguirla de la masa inercial.

4. Temas transversales

Se propone abordar desde una perspectiva histórico-filosófica la evolución desde el modelo aristotélico hasta el copernicano y la deducción final de la ley de gravitación universal, tratando aspectos relacionados con el método científico como parte de la propuesta de innovación “La Física como Filosofía Natural”, Bloque I.

Dependiendo del tiempo disponible, se puede plantear a tal efecto una adaptación del juicio a Galileo en el que sean llamados como testigos distintos científicos y filósofos como Aristóteles, Aristarco, Ptolomeo, Copérnico, Newton, Giordano Bruno, etc. (evidentemente se hará constar a los estudiantes lo anacronismos pertinentes).

5. Prácticas de laboratorio: No se realizarán en esta unidad.

6. Lecturas complementarias

- ▶ El fenómeno de la ingravidez (EDX, 26-27).
- ▶ El gran éxito de la ley de gravitación (EDX, 30).
- ▶ La síntesis newtoniana (ECI, 181).
- ▶ Los principios de Newton (Gamow, 1961 (2006), pp.74-87, reducible a pp.80-87).

7. Materiales y recursos didácticos

- http://www.portalplanetasedna.com.ar/astronomos_antiguos/: página en la que se puede encontrar la biografía de distintos astrónomos.

- http://galileoandstein.physics.virginia.edu/more_stuff/flashlets/kepler6.htm: En este *applet* se muestra el movimiento de un astro alrededor del Sol. Se elige la distancia al Sol y la velocidad y se dibuja la trayectoria correspondiente.
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/celeste/mareas/mareas.htm>: Al final de la página hay tres *applets*. En el segundo de ellos se simula el efecto de las mareas considerando exclusivamente el efecto de la Luna.
- El universo mecánico:
 - ♦ Capítulo 8: La manzana y la Luna.

Unidad didáctica 3. El campo gravitatorio

Hasta ahora se ha introducido el concepto de interacción gravitatoria y se ha desarrollado, fundamentalmente, en torno a la ley de gravitación universal de Newton. Sin embargo, inicialmente la interacción gravitatoria planteaba dos problemas: implicaba una interacción a distancia y se presentaba con carácter instantáneo. A lo largo del siglo XIX, para intentar explicar las características de las fuerzas magnéticas y las fuerzas entre cargas, Faraday, Thomson y Maxwell, entre otros, idearon el concepto de campo de fuerzas, que posteriormente fue aplicado para explicar la interacción gravitatoria. Ese concepto de campo aplicado a la interacción gravitatoria será uno de los puntos centrales del tema, junto con las nociones de campo conservativo y energía potencial. La parte de aplicación más práctica vendrá dada por la relación entre la ley de la gravitación y el movimiento de planetas y satélites, relacionándolos con la exploración espacial, con la esperanza de despertar el interés de los estudiantes.

1. Objetivos

- Conocer y comprender el concepto físico de campo, en concreto el de campo gravitatorio y su relación con la superación de la acción a distancia.
- Separar conceptualmente la perturbación provocada por un cuerpo en el espacio que le rodea de la acción que sufre otro cuerpo que penetra en el campo.
- Describir, a partir de la idea de fuerza conservativa, otras magnitudes asociadas al campo gravitatorio, como, por ejemplo, la energía potencial gravitatoria.
- Conocer y comprender el concepto de potencial gravitatorio, asociándolo a la existencia de un campo conservativo.
- Aplicar los conceptos de intensidad del campo, de energía potencial y de potencial gravitatorio para describir el campo gravitatorio.
- Manejar con soltura la función intensidad de campo y la función potencial como dos funciones matemáticas (la primera, vectorial, y la segunda, escalar) que definen la perturbación gravitatoria.
- Identificar la Tierra como una distribución continua de masa y estudiar el campo gravitatorio que crea en distintos puntos por encima y por debajo de su superficie.
- Representar el campo gravitatorio mediante líneas de campo y superficies equipotenciales.

- Conocer y comprender las leyes que rigen el movimiento de los satélites artificiales, reconociendo el campo gravitatorio terrestre como el responsable de su movimiento.
- Analizar el movimiento de planetas y satélites a partir de los conceptos que describen la interacción gravitatoria.
- Conocer cómo se pueden clasificar los satélites artificiales.
- Entender, desde el punto de vista energético, los aspectos relativos al movimiento de los cuerpos en campos gravitatorios.
- Utilizar el principio de superposición para determinar el valor del campo creado por un conjunto de masas puntuales, determinando el potencial y la energía potencial en distintos puntos del espacio.

2. Contenidos

2.1. Conceptos

- ▶ El concepto de campo. Acción a distancia y acción instantánea.
- ▶ Un caso de interés: el campo gravitatorio.
 - ◆ Intensidad de campo.
 - ◆ Campo producido por una masa puntual.
 - ◆ Principio de superposición. Campo producido por sistemas de masas puntuales.
 - ◆ Campo gravitatorio producido en el interior y en el exterior de cuerpos esféricos.
- ▶ Aspectos energéticos del campo gravitatorio.
 - ◆ Energía potencial gravitatoria.
 - Expresión aproximada en la superficie de un cuerpo con simetría esférica.
 - Energía potencial de un sistema de varias partículas.
 - ◆ Potencial gravitatorio.
 - Relación con la energía potencial y la intensidad de campo.
 - ◆ Conservación de la energía mecánica en el campo gravitatorio.
- ▶ Representación gráfica del campo gravitatorio.
 - ◆ Líneas de fuerza y superficies equipotenciales. Definición, representación y relación.
- ▶ Satélites y cohetes.
 - ◆ Movimiento de los cuerpos en un campo gravitatorio.
 - Energía de ligadura y velocidad de escape.
 - Tipo de órbita de un cuerpo en función de su energía.
 - ◆ Movimiento de los satélites artificiales.
 - Estabilidad dinámica de un satélite en órbita circular.
 - Velocidad y período orbital.
 - Momento lineal y momento angular de un satélite en órbita.
 - Energía mecánica de los satélites en órbita.

- ◆ Cambios en el movimiento de los satélites artificiales
 - Puesta en órbita por etapas. Energía de puesta en órbita.
 - Cambio de órbita.
 - Trabajo de escape desde una órbita
- ◆ Clasificación de los satélites artificiales.
 - Clasificación según la altura de la órbita.
 - Satélites geoestacionarios. Consideraciones energéticas y dinámicas de los satélites geoestacionarios.
 - Satélites en órbita elíptica

2.2. *Procedimientos, destrezas y habilidades*

- ▶ Expresión y determinación de la intensidad del campo, del potencial, de diferencias de potencial, de la energía potencial y de diferencias de energía potencial, creados por una masa puntual.
- ▶ Aplicación del principio de superposición en el cálculo de la intensidad del campo gravitatorio y la energía potencial de un sistema de masas.
- ▶ Entrenamiento en técnicas de resolución de problemas como: representación gráfica de problemas a estudiar, uso de datos con distintos órdenes de magnitud o unidades, manejo del lenguaje simbólico, identificación del tipo de magnitud, etc.
- ▶ Representación gráfica del campo gravitatorio mediante líneas de campo y superficies equipotenciales.
- ▶ Determinación de densidades planetarias a partir de la intensidad del campo en la superficie.
- ▶ Reconocimiento de magnitudes y relaciones entre ellas que se requieren para estudiar el movimiento de satélites.
- ▶ Resolución de ejercicios numéricos de aplicación de los conceptos relacionados con el campo gravitatorio al movimiento de satélites.

2.3. *Actitudes*

- ▶ Interés por conocer los problemas teórico-prácticos inherentes a la puesta en órbita de los satélites artificiales o al lanzamiento de misiones de estudio de nuestro sistema solar.
- ▶ Valoración de la importancia actual de los medios de transporte aéreo y de la investigación del espacio.
- ▶ Reflexión crítica sobre las consecuencias de la generación de “basura espacial”.
- ▶ Evaluación crítica del uso pacífico y al servicio de la sociedad de los descubrimientos de la física; por ejemplo, la mejora de las comunicaciones gracias a los satélites artificiales.

3. Criterios de evaluación

- Definir el concepto físico de campo, utilizándolo para superar las dificultades que plantea la acción a distancia.

- Determinar la fuerza que actúa sobre una masa-testigo situada en el campo debido a una o varias masas, así como la energía potencial de dicha masa testigo en un punto del campo.
- Definir los conceptos de energía potencial gravitatoria y potencial gravitatorio relacionándolos con la idea de fuerza conservativa.
- Comprender y describir la relación entre los conceptos de intensidad de campo gravitatorio, energía potencial gravitatoria y potencial gravitatorio.
- Calcular las magnitudes propias del campo (intensidad y potencial) en cualquier punto, reconociendo su carácter vectorial o escalar (en cada caso).
- Calcular el campo y el potencial gravitatorios que una masa puntual o un sistema de masas crea en un punto del espacio determinado, aplicando el principio de superposición cuando sea necesario.
- Calcular el valor de la intensidad del campo gravitatorio creado por la Tierra (u otros cuerpos esféricos) en puntos por encima y por debajo de su superficie.
- Representar gráficamente el campo gravitatorio creado por masas puntuales, identificando las propiedades de líneas de campo y superficies equipotenciales.
- Resolver ejercicios y problemas referidos al movimiento de satélites artificiales, calculando algunas de sus magnitudes características: energía de puesta en órbita, velocidad orbital, velocidad de escape, etc.
- Aplicar los distintos conceptos que describen la interacción gravitatoria al estudio del movimiento de planetas y satélites, y analizar los resultados obtenidos.
- Resolver problemas referidos al cambio de órbita en satélites artificiales a partir de consideraciones energéticas como el principio de conservación de la energía y el cálculo de la energía potencial gravitatoria.
- Conocer algunos tipos de satélites artificiales de especial interés, sus características más importantes y los criterios de clasificación de los mismos.

4. Temas transversales

Se ofrecen dos opciones, la primera sería presentar la carrera espacial y, desde ahí, el desarrollo tecnológico que supuso, la situación histórica y la influencia de la guerra fría. Sin embargo, la relación entre el desarrollo de la ciencia y el poder ya ha sido propuesta en la primera unidad del bloque. En consecuencia, es preferible abordar otros temas como el aumento continuado de la cantidad de “chatarra espacial”, que puede presentarse de forma expositiva en el aula o como lectura autónoma de los estudiantes. El objetivo sería trabajar la competencia social y ciudadana, reflexionando sobre la influencia humana en la contaminación, no ya solo de nuestro planeta, sino del propio espacio.

Otra opción más sería trabajar las competencias para aprender a aprender y en el tratamiento de la información y competencia digital, proponiéndoles una investigación sobre los telescopios y satélites científicos más recientes (o aquellos cuyo lanzamiento está siendo preparado), como el Planck o el ELISA. ¿Qué se está investigando?

5. Prácticas de laboratorio

Deducción del valor de la intensidad del campo gravitatorio mediante el estudio de un péndulo simple.

6. Lecturas complementarias

- ▶ Sistema de posicionamiento global: GPS (VV, 121).
- ▶ Un desafío a la gravedad (EDB 68).
- ▶ Los vuelos espaciales (EDB, 88).
- ▶ Experimentos en microgravedad (EDE, 95).
- ▶ Gravimetría y péndulos (ANA, 85).
- ▶ Puesta en órbita de un satélite geoestacionario (EDX, 54-55).
- ▶ La estación espacial internacional ISS (EDX, 58).

7. Materiales y recursos didácticos

- <http://www.xtec.cat/~ocasella/applets/gravita/appletsol2.htm>: *applet* ilustrativo sobre el campo gravitatorio.
- <http://www.falstad.com/vector3d/>: *applet* que permite visualizar campos vectoriales de diferentes características (lineales, radiales, etc.). Advertencia: está en inglés.
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/celeste/constante/constante.htm>: descripción del experimento de Cavendish y *applet* ilustrativo.
- http://www4.uwsp.edu/physastr/kmenning/flash/AF_1301.swf: Simulación de la fuerza de atracción gravitatoria entre dos masas al variar la distancia entre ellas.
- http://www.vias.org/simulations/simusoft_vectorfields.html: página en la que se puede descargar un nuevo *applet* sobre campos vectoriales. Advertencia: disponible en inglés o alemán.
- <http://perso.wanadoo.es/oyederra/4eso/409.htm>: recopilación y descripción de diversos *applets* sobre gravitación. Advertencia: algunos están desactualizados.
- El universo mecánico:
 - ♦ Capítulo 23: Energía y excentricidad.
 - ♦ Capítulo 25: De Kepler a Einstein.
 - ♦ Capítulo 26: La armonía de las esferas.

BLOQUE II: INTERACCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Hasta este momento, la única fuerza que se ha estudiado con cierto detalle es la gravitatoria. En este bloque se analizará un nuevo tipo de interacción, la electromagnética, que incluye tanto la electricidad como el magnetismo. Ambas interacción comparten algunas de sus características como su alcance infinito y la posibilidad de describirlas en términos de campos. Esto permitirá profundizar en el concepto de campo visto con anterioridad, al tiempo que se ponen de manifiesto las diferencias entre ambas interacciones y las consecuencias de la unificación de los fenómenos eléctricos y magnéticos y las dificultades que conlleva. A fin de presentar

los conocimientos de forma al alumnado, se divide el bloque en tres unidades: una correspondiente al campo electrostático, otra al campo magnético y la tercera a fin de poner en relación ambos campos y los fenómenos que representan.

Unidad didáctica 4. El campo eléctrico.

En esta unidad se comenzará a trabajar sobre el electromagnetismo, a partir del estudio de las interacciones entre cargas eléctricas en reposo (en nuestro marco de referencia), llamadas interacciones electrostáticas.

Un buen punto de arranque será la presentación del campo eléctrico y su comparación con el campo gravitatorio, haciendo especial hincapié en las analogías y diferencias entre ambos. En la parte de las similitudes se puede comentar su alcance infinito o su dependencia con la inversa del cuadrado de la distancia (ley de gravitación universal frente a la ley de Coulomb). Por otro lado, cobra especial importancia hacer ver a los estudiantes las diferencias esenciales como la mayor intensidad de la interacción eléctrica o la existencia de cargas eléctricas de distinto signo.

1. Objetivos

- Conocer los primeros acontecimientos históricos en el estudio de la electricidad.
- Conocer y aplicar la ley de Coulomb para el cálculo de fuerzas entre dos o más cargas en reposo, utilizando el principio de superposición, cuando sea necesario.
- Analizar la situación dinámica de cuerpos sometidos, a la vez, a interacción electrostática y gravitatoria; así como valorar la importancia relativa de cada una, sus semejanzas y sus diferencias.
- Utilizar el concepto de campo como un recurso adecuado para estudiar la interacción electrostática a distancia.
- Definir y comprender el concepto de campo eléctrico, calcular la intensidad del campo eléctrico producido por una o varias cargas puntuales en un punto y utilizarlo para determinar la fuerza que experimenta una carga colocada en ese punto.
- Comprender la interacción electrostática como una interacción conservativa.
- Distinguir la perturbación provocada por un cuerpo cargado en el espacio que le rodea de la interacción que sufre otro cuerpo cargado que penetra en el campo.
- Definir y comprender los conceptos de energía potencial eléctrica y potencial eléctrico, calculándolos en problemas sencillos.
- Calcular el potencial eléctrico producido por varias cargas puntuales y utilizarlo para determinar la energía potencial de otra carga colocada en puntos de dicho campo, así como el trabajo para pasar de una a otra.
- Profundizar en las formas de representar campos mediante líneas de fuerza y superficies equipotenciales.
- Interpretar correctamente las representaciones gráficas relativas a las funciones campo y potencial electrostático en función de la distancia.

- Enunciar el teorema de Gauss y utilizarlo para determinar el campo y el potencial creado por distribuciones continuas de carga en distintos puntos del espacio.
- Predecir la interacción (y movimiento) que sufrirá otro cuerpo cargado cuando se desplaza en un campo electrostático, teniendo en cuenta el signo de su carga.

2. Contenidos

2.1. Conceptos

- ▶ Evolución histórica de las ideas sobre la interacción electrostática.
- ▶ La carga eléctrica. Definición y propiedades.
 - ◆ El fenómeno de la electrización. Definición y tipos.
- ▶ La ley de Coulomb.
- ▶ Campo eléctrico.
 - ◆ Líneas de campo eléctrico.
 - ◆ Repaso del principio de superposición.
- ▶ Flujo de un campo eléctrico. Ley de Gauss.
 - ◆ Aplicación de la ley de Gauss a distribuciones de carga con simetría sencilla.
 - Conductor esférico cargado.
 - Esfera maciza y uniformemente cargada.
 - Plano infinito uniformemente cargado
 - Hilo infinito uniformemente cargado.
- ▶ Aspectos energéticos del campo eléctrico.
 - ◆ Energía potencial eléctrica.
 - ◆ Potencial eléctrico. Diferencia de potencial entre dos puntos.
 - Relación con la energía potencial y la intensidad de campo.
 - ◆ Conservación de la energía en el campo eléctrico.
- ▶ Representación gráfica del campo gravitatorio.
 - ◆ Líneas de fuerza y superficies equipotenciales. Definición, representación y relación.
- ▶ Comportamiento de la materia sometida a un campo eléctrico.
- ▶ Comparación entre el campo eléctrico y el gravitatorio: analogías y diferencias.

2.2. Procedimientos, destrezas y habilidades

- ▶ Expresión y determinación de la intensidad del campo, del potencial, de diferencias de potencial, de la energía potencial y de diferencias de energía potencial, creados por una carga puntual.
- ▶ Cálculo magnitudes propias del campo en un punto.
- ▶ Aplicación del principio de superposición en el cálculo de la intensidad del campo eléctrico y la energía potencial de un sistema de cargas.
- ▶ Consolidación del uso de técnicas de resolución de problemas.
- ▶ Representación gráfica del campo eléctrico mediante líneas de campo y superficies equipotenciales.
- ▶ Resolución de cuestiones de tipo conceptual.

- ▶ Aplicación práctica del teorema de Gauss para el cálculo de campos debidos a distribuciones de carga sencillas y simétricas.
- ▶ Obtención de la trayectoria de cargas eléctricas en campos eléctricos uniformes.
- ▶ Resolución de problemas en los que interviene o hay que calcular el flujo eléctrico a través de una superficie.
- ▶ Análisis e interpretación de transformaciones energéticas relacionadas con la interacción electrostática.
- ▶ Identificación de fuerzas eléctricas en la vida cotidiana.

2.3. Actitudes

- ▶ Curiosidad por comprender las explicaciones físicas de los fenómenos naturales relacionados con la electricidad.
- ▶ Reconocimiento del estudio teórico tras el funcionamiento de objetos cotidianos.
- ▶ Respeto por las normas de seguridad e instrucciones de uso de aparatos eléctricos.
- ▶ Valoración crítica de la contribución de la ciencia y de la tecnología al progreso y bienestar de la humanidad.

3. Criterios de evaluación

- Conocer la parte de la historia relacionada con la interacción electrostática que conducirá, posteriormente, a la síntesis electromagnética de Maxwell.
- Utilizar la ley de Coulomb para calcular la interacción entre cargas eléctricas.
- Utilizar el principio de superposición para calcular fuerzas que actúan sobre cargas, así como valores del campo en un punto.
- Comparar las características del campo eléctrico con las del campo gravitatorio, constatando la diferente intensidad de ambos para dos partículas de masa y carga unidad a una distancia unidad (en el S.I.).
- Definir el concepto de campo eléctrico y utilizarlo para calcular la intensidad del campo eléctrico producido por cargas puntuales en un punto, así como para determinar la fuerza que experimenta una carga-testigo colocada en ese punto.
- Utilizar el concepto de campo electrostático para superar las dificultades de la interacción a distancia, remarcando su carácter vectorial y conservativo.
- Definir los conceptos de energía potencial eléctrica y potencial eléctrico y describir su relación entre sí y con la intensidad de campo eléctrico.
- Calcular el campo y el potencial que un conjunto de cargas puntuales crea en un punto del espacio. Analizar de forma especial si hay puntos donde el campo y/o el potencial sean nulos.
- Calcular e interpretar el signo del trabajo y/o la energía que se requiere para que un cuerpo cargado se desplace de un punto a otro de un campo electrostático.
- Representar gráficamente el campo eléctrico creado por distribuciones puntuales continuas (con alto grado de simetría) de carga, identificando las propiedades de las líneas de campo y las superficies equipotenciales.

- Explicar y resolver problemas sobre el movimiento de partículas cargadas en un campo eléctrico, en términos de la intensidad del campo o del potencial eléctrico, utilizando la relación entre ambas magnitudes, centrándose en el caso de un campo eléctrico uniforme.
- Aplicar el teorema de Gauss para determinar el campo y el potencial eléctricos creados por distribuciones continuas de carga.
- Resolver cuestiones teóricas y problemas en torno a la interacción electrostática.

4. Temas transversales

Ésta es una unidad de amplio contenido teórico y el óptimo entendimiento de los temas transversales que se pudieran tratar en él, exige contenidos de unidades posteriores del bloque. A pesar de ello, pueden abordarse cuestiones de utilidad como:

- Medidas de seguridad, no solo en el laboratorio de física, sino también en las propias casas, en relación con los aparatos eléctricos.
- La importancia de la autoría personal y las repercusiones de la apropiación indebida de trabajos ajenos, desde la ejemplificación histórica (como el caso de la pila de Volta y los intentos de Carlisle y Nicholson de apropiarse del trabajo).

5. Prácticas de laboratorio

Deducción de la carga y el signo de partículas cargadas a partir de un applet.

6. Lecturas complementarias

- ▶ Historia del electromagnetismo (EDB, 168-169).
- ▶ Aplicaciones de la electrostática (EDB, 187).
- ▶ El pararrayos (VV, 145).
- ▶ ¿Cuánto cuesta un rayo? (EVE, 214).
- ▶ Protección eléctrica: jaula de Faraday (EDE, 125).
- ▶ Electrificación natural (ANA, 201).
- ▶ El generador de Van de Graaff (EDX, 172).
- ▶ Primeros descubrimientos (Gamow, 1961 (2006), pp. 161-167).
- ▶ La ley de las fuerzas eléctricas y magnéticas (Gamow, 1961 (2006), pp.167-170).
- ▶ Una descarga de una anguila eléctrica (Gamow, 1961 (2006), pp. 170-174).

7. Materiales y recursos didácticos

- <http://iesfgcza.educa.aragon.es/depart/fisicaquimica/fisicasegundo/caele.htm>: página enfocada a 2º de bachillerato que incluye series de ejercicios propuestos y resueltos, enlaces a distintos *applets* y a diversas lecturas de ampliación.
- <http://www.xtec.cat/~ocasella/applets/elect/appletsol2.htm>: *applet* que permite disponer diversas cargas eléctricas y muestra las líneas de campo y las superficies equipotenciales de diversas configuraciones.
- <http://personales.upv.es/jogomez/simula/simula.html>: colección de *applets* (adaptables a la proposición de problemas) con un apartado de electrostática.

- http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Estudios/Estudios/Seguridad/Proteccion/Cargas/Proteccion_cargas.pdf: material del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo sobre: Prevención de los riesgos de la electricidad estática.
- El universo mecánico:
 - ♦ Capítulo 11: Gravedad, Electricidad y Magnetismo.
 - ♦ Capítulo 12: El experimento de Millikan.
 - ♦ Capítulo 28: Electricidad estática.
 - ♦ Capítulo 29: El campo eléctrico.
 - ♦ Capítulo 30: Potencial y capacidad.

Unidad didáctica 5. El campo magnético.

Todos utilizamos fuerzas magnéticas. Están en el corazón de los motores eléctricos, cinescopios de televisión, hornos de microondas, altavoces (bocinas), impresoras y unidades lectoras de discos.

La interacción magnética se incluirá en relación con la interacción eléctrica a fin de presentar el concepto más general de interacción electromagnética, en el que se hará mayor hincapié en unidades posteriores. Se recordará que la naturaleza fundamental del magnetismo es la interacción de las cargas eléctricas en movimiento. A diferencia de las fuerzas eléctricas, que actúan sobre las cargas eléctricas estén en movimiento o no, las fuerzas magnéticas sólo actúan sobre cargas que se mueven. El aparataje matemático necesario para explicar el tema deberá ser adaptado al nivel de los estudiantes.

1. Objetivos

- Conocer la evolución histórica de los conocimientos en el campo del magnetismo y el electromagnetismo.
- Explicar de modo cualitativo el origen del magnetismo natural y relacionar la brújula con el campo magnético terrestre.
- Explorar la estructura microscópica que justifica el comportamiento magnético o no de los materiales.
- Definir el campo magnético y representarlo mediante líneas de campo, poniendo de manifiesto sus diferencias con el campo eléctrico.
- Analizar los distintos aspectos de la fuerza magnética que actúa sobre cargas eléctricas en movimiento o hilos de corriente en el seno de un campo magnético.
- Reconocer las propiedades características de los imanes y describir e interpretar la experiencia de Oersted, utilizando el concepto de campo magnético.
- Analizar las diferencias entre los vectores intensidad de campo eléctrico e inducción magnética, especialmente las relacionadas con su carácter conservativo o no.
- Describir el campo magnético producido por cargas en movimiento, dibujar las líneas de campo y calcular el campo producido por corrientes eléctricas sencillas.
- Resolver problemas relacionados con campos producidos por corrientes rectilíneas o circulares (en puntos de su eje), así como con campos en el interior de solenoides.

- Utilizar la interacción electromagnética sobre cargas en movimiento para explicar el funcionamiento de algunos dispositivos, como el espectrógrafo de masas o los aceleradores de partículas.
- Comprender la definición de amperio a partir de la interacción entre dos corrientes rectilíneas paralelas.
- Comparar los campos gravitatorio, eléctrico y magnético, poniendo de manifiesto las semejanzas y las diferencias entre ellos.
- Conocer y analizar las expresiones matemáticas que permiten abordar los distintos problemas relacionados con el magnetismo: Fuerza de Lorentz, Leyes de Laplace, Ley de Biot-Savart y Ley de Ampère.

2. Contenidos

2.1. Conceptos

- ▶ El fenómeno del magnetismo.
- ▶ Evolución histórica de las ideas sobre el magnetismo.
 - ◆ La experiencia de Oersted.
- ▶ El campo magnético. Líneas de campo magnético. Campo magnético terrestre.
- ▶ Fuerza sobre una carga en movimiento. Fuerza de Lorentz.
 - ◆ Espectrómetro de masas.
 - ◆ Aceleradores de partículas: el ciclotrón.
- ▶ Acción de un campo magnético sobre un conductor de corriente. 2ª ley de Laplace.
 - ◆ Momento magnético de una espira.
 - ◆ El Galvanómetro.
 - ◆ Motor de corriente continua.
- ▶ Campo magnético creado por cargas en movimiento.
 - ◆ Una carga puntual. Primera ley de Laplace.
 - ◆ Elementos de corriente. Ley de Biot y Savart.
 - ◆ Aplicación a casos de alta simetría. Ley de Ampère.
- ▶ Interacción entre corrientes rectilíneas paralelas. Definición de amperio.
- ▶ Propiedades magnéticas de la materia.
- ▶ Semejanzas y diferencias entre campos: gravitatorio, electrostático y magnético.

2.2. Procedimientos, destrezas y habilidades

- ▶ Utilización del cálculo vectorial para determinar direcciones y sentidos de las fuerzas sobre partículas cargadas, apoyándose si es necesario en reglas nemotécnicas (como la regla de la mano derecha o del tornillo).
- ▶ Comprensión de las expresiones matemáticas que permiten calcular el campo magnético creado por distintos elementos, más allá de conocer al detalle las deducciones de tales expresiones.
- ▶ Interpretación del significado físico de las fórmulas matemáticas que relacionan los campos magnéticos y las corrientes eléctricas.

- ▶ Representación las líneas de campo de los campos magnéticos producidos por imanes y por corrientes eléctricas.
- ▶ Resolución de problemas acerca del movimiento de partículas cargadas en campos magnéticos.
- ▶ Experimentación en el laboratorio sobre los campos magnéticos producidos por corrientes eléctricas y la acción de los campos magnéticos sobre conductores.
- ▶ Cálculo de los campos magnéticos creados por diversos conductores de corriente (rectilíneos, espiras, solenoides...).
- ▶ Resolución de ejercicios y cuestiones sobre fuerzas entre corrientes paralelas.
- ▶ Identificación de fenómenos magnéticos en la vida cotidiana.
- ▶ Aplicación de los conocimientos sobre campo magnético al estudio de dispositivos reales, como el espectrógrafo de masas o el ciclotrón.

2.3. Actitudes

- ▶ Comprensión del largo camino que deben seguir en ocasiones los conocimientos científicos (como los relacionados con el magnetismo) hasta que se puede formular una teoría completa sobre los mismos (teoría electromagnética).
- ▶ Valoración de la importancia de las aplicaciones del electromagnetismo en la mejora de la vida cotidiana, como la resonancia magnética nuclear.
- ▶ Planteamiento de fenómenos cotidianos relacionados con el electromagnetismo desde una perspectiva científica y contrastando la información transmitida por los medios de comunicación con los conocimientos propios.

3. Criterios de evaluación

- Conocer la parte de la historia relacionada con los fenómenos magnéticos que conducirá, posteriormente, a la síntesis electromagnética de Maxwell.
- Explicar cualitativamente el magnetismo natural y el funcionamiento de una brújula en relación con el campo magnético terrestre.
- Clasificar los materiales según su comportamiento magnético, justificándolo a partir de su estructura microscópica.
- Comparar las características de los campos magnético, eléctrico y gravitatorio, constatando sus semejanzas y diferencias.
- Explicar las propiedades características de los imanes y describir e interpretar la experiencia de Oersted utilizando el concepto de campo magnético.
- Representar las líneas de campo de los campos magnéticos producidos por imanes y por corrientes eléctricas, comparando las características de las líneas representadas con las del campo eléctrico.
- Determinar la fuerza que actúa sobre una partícula cargada (o hilos de corriente) en el seno de un campo magnético uniforme y describir y analizar el movimiento que realiza dicha partícula.
- Obtener la expresión vectorial de la fuerza que aparece sobre una partícula cargada que se mueve en presencia de un campo magnético.

- Definir el vector intensidad de campo eléctrico y el vector inducción magnética, relacionándolos y describiendo sus diferencias.
- Describir el campo magnético producido por cargas en movimiento y calcular el valor del campo producido por casos sencillos de corrientes eléctricas (rectilínea, espira circular o solenoide), dibujando las líneas de campo correspondientes.
- Resolver problemas numéricos y cuestiones teóricas relacionados con campos producidos por corrientes eléctricas con simetrías sencillas.
- Relacionar la interacción del campo magnético y las cargas en movimiento o corrientes con las bases del funcionamiento de distintos dispositivos (selectores de velocidad, ciclotrones, espectrógrafos de masas, galvanómetros, etc.)
- Discutir y calcular la fuerza magnética entre hilos de corriente paralelos, comprendiendo la definición de amperio que se deriva de esa interacción.
- Enunciar y aplicar en los casos en que sean necesarias las expresiones matemáticas relacionadas con el magnetismo, dadas en la unidad: fuerza de Lorentz, leyes de Laplace, ley de Biot-Savart y ley de Ampère.
- Formular argumentos sobre fenómenos de la vida cotidiana relacionados con el electromagnetismo.

4. Temas transversales

Existen muchos mitos y desconocimiento popular en torno al electromagnetismo. Así, nos podemos encontrar remedios milagrosos relacionados con efectos magnéticos de elementos como el agua o una pulsera o manifestaciones populares en contra del establecimiento de líneas de alta tensión. Puede aprovecharse esta unidad para trabajar con los estudiantes la importancia del conocimiento científico, el espíritu crítico y la reflexión en la comprensión de cuestiones cotidianas.

5. Prácticas de laboratorio

Aunque podría ya realizarse la práctica sobre las experiencias de Oersted, es preferible llevarla a cabo en la siguiente unidad junto con la de las experiencias de Faraday. En su lugar, puede realizarse una práctica de carácter motivador como el “rifle de Gauss casero” o una práctica más relacionada con los ejercicios de la unidad como la simulación del funcionamiento de un ciclotrón y el cálculo de parámetros.

6. Lecturas complementarias

- ▶ Antecedentes históricos de la interacción magnética (ECI, 213).
- ▶ La brújula de algunos animales (VV, 177).
- ▶ El magnetismo terrestre (EDB, 212; EVE, 214).
- ▶ Recipientes que no se derriten: trampas magnéticas (EDE, 153).
- ▶ Medida de la componente horizontal del campo magnético terrestre (EDX, 196).
- ▶ La balanza de Cotton (EDX, 197).
- ▶ Auroras polares (EDX, 200).
- ▶ Electromagnetismo (Gamow, 1961 (2006), pp. 174-178).

7. Materiales y recursos didácticos

- http://webphysics.davidson.edu/physlet_resources/bu_semester2/c12_force.html *applet* del movimiento de una partícula cargada en un campo magnético uniforme.
- <http://roble.pntic.mec.es/~jveh0000/batx/fisica2/angel/em/sub/ciclotron/ciclo.html>: permite visualizar la trayectoria de una partícula dentro de un ciclotrón.
- http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/campo_magnetico/galvanometro/galvanometro.htm: explicación y *applet* del funcionamiento de un galvanómetro.
- <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/o/oersted.htm>: vida y obra de Oersted y el comienzo del electromagnetismo. Incluye enlace a la vida de Volta.
- www.e-sm.net/f2bach45: uso de los electroimanes en los trenes *maglev*.
- El universo mecánico
 - ♦ Capítulo 34: Imanes.
 - ♦ Capítulo 35: El campo magnético.

Unidad didáctica 6. Inducción electromagnética

En la unidad anterior se vio que el paso de una corriente por un conductor crea un campo magnético. A principios de la década de 1830, se descubrió que un campo magnético induce una corriente en un conductor, siempre que el campo magnético sea variable. En esta unidad se aborda precisamente la producción de corrientes eléctricas inducidas por los campos magnéticos, aplicable al caso especialmente interesante de la producción, el transporte y la distribución de la energía eléctrica junto con sus implicaciones tecnológicas, sociales y ambientales.

Además, se avanzará hacia la síntesis electromagnética de Maxwell y la predicción de la existencia de ondas electromagnéticas (que nos servirá posteriormente como arranque en el estudio de la luz). Se aprovechará la aproximación histórica a la síntesis electromagnética de Maxwell para continuar trabajando transversalmente con los alumnos aspectos relacionados con las características del método científico.

1. Objetivos

- Definir y comprender el concepto de flujo magnético y saber calcular su valor.
- Comprender el fenómeno de la inducción debida a variaciones del flujo magnético y sus causas físicas, así como las distintas maneras de inducir una corriente.
- Comprender y utilizar la ley de Faraday-Henry para resolver problemas donde intervenga o sea necesario calcular la fuerza electromotriz inducida.
- Conocer y comprender la ley de Lenz para determinar el sentido de la corriente eléctrica inducida en un circuito.
- Comprender el mecanismo de producción de corriente eléctrica alterna y continua haciendo uso de los fenómenos de inducción y reconociendo los distintos modos de obtener corrientes inducidas.
- Entender el fenómeno de la autoinducción en relación a las leyes de Faraday y Lenz.

- Realizar e interpretar las experiencias de Faraday y Henry y resolver problemas donde intervenga o sea necesario calcular la fuerza electromotriz.
- Conocer y comprender el funcionamiento de los generadores de corriente eléctrica y resolver problemas en los que intervenga o sea necesario calcular el valor de la fuerza electromotriz producida.
- Comprender el fundamento de la producción industrial de la corriente eléctrica y de su distribución, así como valorar la importancia de los transformadores en el transporte y uso de la energía eléctrica.
- Conocer el mecanismo de transporte de la energía eléctrica desde la central donde se genera hasta el punto de utilización.
- Analizar críticamente el impacto ambiental de la producción y uso de la energía eléctrica en la sociedad actual, señalando ventajas e inconvenientes.
- Comprender el fundamento de los motores eléctricos y los transformadores, así como conocer y utilizar las relaciones entre las magnitudes que los caracterizan.
- Comprender las bases experimentales, los antecedentes históricos, la motivación y las implicaciones fundamentales de la síntesis electromagnética de Maxwell.
- Conocer y valorar las aplicaciones prácticas de las ondas electromagnéticas.

2. Contenidos

2.1. Conceptos

- ▶ Inducción electromagnética.
- ▶ Experiencias de Faraday y de Henry.
- ▶ Flujo del campo magnético.
- ▶ Leyes de Faraday y Lenz.
 - ◆ Fuerza electromotriz inducida. Sentido de la corriente inducida.
 - ◆ Autoinducción. Corrientes de cierre y de apertura.
 - ◆ Interpretación de las experiencias de Faraday y de Henry.
- ▶ Producción de corrientes inducidas.
 - ◆ Inducción de corriente alterna.
 - Aplicaciones: Alternador y dinamo. Motores de inducción. Transformadores. Inducción mutua.
 - ◆ Producción de corriente continua.
- ▶ Impacto ambiental de la producción y transporte de la energía eléctrica.
- ▶ Síntesis electromagnética de Maxwell. Aproximación histórica.
 - ◆ Generalización de las leyes de Faraday y Ampère. Ecuaciones de Maxwell.
 - ◆ Ondas electromagnéticas.

2.2. Procedimientos, destrezas y habilidades

- ▶ Cálculo del flujo magnético a través de una superficie en diversas situaciones.
- ▶ Realización de montajes sencillos con dispositivos eléctricos que permitan comprobar la existencia de corrientes inducidas.
- ▶ Interpretación gráfica y analítica de la f.e.m. inducida en distintas situaciones.

- ▶ Resolución de problemas y cuestiones de cada una de las situaciones en que puede producirse una corriente eléctrica inducida (incluida la autoinducción).
- ▶ Aplicación del cálculo diferencial a problemas de fuerzas electromotrices inducidas.
- ▶ Utilizar el lenguaje matemático y gráfico en la formulación de las leyes de la inducción electromagnética.
- ▶ Realización e interpretación de las experiencias de Faraday y Henry.

2.3. Actitudes

- ▶ Comprensión de la importancia del descubrimiento de la inducción y de sus aplicaciones en la revolución tecnológica acaecida entre los siglos XIX y XX.
- ▶ Valoración crítica del impacto ambiental de la producción, el transporte y la distribución de la energía eléctrica, así como de la importancia de la electricidad para la calidad de vida y para el desarrollo tecnológico.
- ▶ Argumentación en torno a los pros y contras de una instalación de generación o transporte de energía eléctrica, teniendo presente el principio de precaución.
- ▶ Interés por recabar información histórica sobre la evolución de las relaciones entre electricidad y magnetismo y los datos que aporta en cuanto a la comprensión del método y el desarrollo científicos.

3. Criterios de evaluación

- Aplicar el concepto de flujo magnético para calcular su valor.
- Evaluar si en una situación dada se va a producir o no una corriente inducida, y cómo va a ser esta.
- Calcular los valores de la fuerza electromotriz inducida y determinar el sentido de la corriente inducida por aplicación de las leyes de Faraday-Henry y de Lenz.
- Reproducir e interpretar las experiencias de Faraday y Henry.
- Describir el funcionamiento de los generadores de corriente eléctrica y resolver problemas relacionados
- Evaluar, desde el punto de vista tecnológico y ambiental, una instalación para la generación o transporte de corriente eléctrica.
- Determinar las características de un transformador según el cambio que se desea en el voltaje o la intensidad de las corrientes de entrada y salida, aplicándolo al transporte de energía eléctrica desde donde se genera hasta donde se utiliza.
- Conocer y valorar el impacto ambiental de la producción, el transporte y la distribución de energía eléctrica.
- Conocer las aplicaciones del fenómeno de la inducción (motores, dinamos, transformadores...) y resolver problemas y cuestiones referidos a las mismas.
- Calcular el sentido de la corriente autoinducida y la fuerza electromotriz.
- Comprender algunos aspectos de la síntesis electromagnética: proceso histórico, aportaciones de Maxwell, predicción de las ondas electromagnéticas, integración de la óptica, relación con el desarrollo y el método científico...

4. Temas transversales

En esta unidad es habitual abordar el tema de la producción, transporte y almacenamiento de la energía eléctrica y analizar las ventajas e inconvenientes de cada tipo de central eléctrica. Sin embargo, no es el único tema transversal que se podría tratar. En el contexto general de la programación se propone el tratamiento del proceso histórico-filosófico de la unificación electromagnética (véase: 4.1. Plan de actividades de la propuesta de innovación "Física como Filosofía Natural").

5. Prácticas de laboratorio

Experiencias cualitativas de campo e inducción electromagnética: experiencias de Oersted y Faraday-Lenz.

6. Lecturas complementarias

- ▶ Hornos de inducción. Metalurgia y cocinas (EDE, 177).
- ▶ Cocinas de inducción (VV, 203).
- ▶ Producción de la energía eléctrica (ANA, 252).
- ▶ Impacto medioambiental de la energía eléctrica (ANA, 253).
- ▶ Corrientes de Foucault (EDX, 226).
- ▶ Corrientes e imanes (Holton, 1987, pp. 614-620).
- ▶ Campo electromagnético (Gamow, 1961 (2006), pp. 193-202).

7. Materiales y recursos didácticos

- http://www.walter-fendt.de/ph14s/emwave_s.htm: animación de la oscilación del campo eléctrico y del magnético al propagarse una onda electromagnética.
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/induccin/generador/generador.htm>: página con explicación y *applet* sobre un generador de corriente alterna.
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/induccin/foucault/foucault.htm>: página con explicación y *applet* sencillo sobre la producción de corrientes de Foucault, como material de ampliación.
- <http://www.portalplanetasedna.com.ar/faraday.htm>: Vida y obra de Faraday.
- <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/h/hertz.htm>: Información acerca de los trabajos de Hertz sobre el desarrollo de las ondas electromagnéticas. Incluye enlace a la vida y obra de Maxwell y relación con sus trabajos.
- El universo mecánico
 - ◆ Capítulo 37: Inducción electromagnética.
 - ◆ Capítulo 38: Corrientes alternas.
 - ◆ Capítulo 39: Las ecuaciones de Maxwell.

BLOQUE III: VIBRACIONES Y ONDAS

Este bloque está formado por cuatro unidades dedicadas a vibraciones y ondas, para cuya comprensión es especialmente relevante el estudio del movimiento vibratorio armónico simple (m.v.a.s.) que constituirá el núcleo central de la primera unidad. A

partir de ahí, se irá avanzando en el estudio de conceptos cinemáticos y dinámicos relacionados, hasta familiarizarse con un movimiento de extraordinaria importancia en la descripción y análisis de muchos fenómenos físicos: vibraciones de átomos y moléculas, calentamiento de los cuerpos, movimiento ondulatorio, transporte de energía, etc. Además, este bloque nos aportará las herramientas necesarias para enfrentar con éxito el estudio posterior de las ondas electromagnéticas y mejorar la comprensión de los conceptos del siguiente bloque referido a la óptica.

Unidad didáctica 7. Movimiento vibratorio armónico simple

La repetición de un movimiento es un fenómeno habitual en la naturaleza: la vibración de un cristal de cuarzo en un reloj de pulso, el péndulo oscilante de un reloj con pedestal, las vibraciones sonoras producidas por un clarinete o un tubo de órgano y el movimiento periódico de los pistones de un motor de combustión son algunos ejemplos. Esta clase de movimiento se denomina movimiento periódico u oscilación, y será el tema de esta unidad didáctica. Su comprensión será indispensable para nuestro estudio posterior de las ondas, el sonido, la corriente alterna y la luz.

1. Objetivos

- Describir las características de los movimientos vibratorios periódicos e identificar las propiedades físicas y magnitudes características de un *m.v.a.s.*
- Comprender y manejar las ecuaciones matemáticas que describen el movimiento armónico simple, tanto desde el punto de vista cinemático como dinámico.
- Relacionar las magnitudes características del movimiento armónico simple con la fuerza necesaria para producirlo.
- Calcular las magnitudes cinemáticas: posición, velocidad y aceleración de un movimiento armónico simple, representarlas gráficamente y determinar la ecuación de un *m.v.a.s.* usando condiciones iniciales y otras características del movimiento.
- Comprobar de forma experimental la relación entre el periodo del oscilador y sus características físicas, particularizando al caso del resorte y del péndulo.
- Deducir la ecuación de posición de un oscilador a partir de sus gráficas, y viceversa, y representar las gráficas del movimiento a partir de las ecuaciones.
- Ser capaz de elaborar gráficas que identifiquen las características del movimiento vibratorio armónico simple, identificando los puntos donde la elongación, velocidad y aceleración toman valores máximos, mínimos y nulos.
- Describir y comprender los cambios energéticos que se producen en un oscilador armónico y calcular los valores de cada tipo de energía para cualquier posición del cuerpo o en cualquier instante, constatando la conservación de la energía mecánica.
- Analizar las situaciones en las que el movimiento de un péndulo se corresponde con el de un oscilador armónico y aquellas en las que se separa de ese modelo.
- Describir el movimiento de un péndulo en aproximación armónica.
- Deducir matemáticamente la expresión que relaciona el periodo de un oscilador con sus características físicas.

- Reflexionar sobre el papel del tiempo en la descripción de los fenómenos periódicos.
- Conocer e interpretar los fenómenos de atenuación y resonancia.

2. Contenidos

2.1. Conceptos

- ▶ Movimiento periódico.
- ▶ Movimiento vibratorio armónico simple. Descripción del movimiento
 - ◆ Magnitudes características: período, frecuencia, centro de oscilación, elongación, amplitud, pulsación o frecuencias angular.
 - ◆ Relación con el movimiento circular uniforme.
 - ◆ Dinámica del *m.v.a.s.* Ecuaciones del movimiento. Ley de Hooke.
 - ◆ Relación entre posición, velocidad y aceleración de un *m.v.a.s.*
 - ◆ Estudio energético del oscilador armónico simple.
- ▶ Estudio del péndulo. Aproximación armónica. Condiciones.
- ▶ Fenómenos asociados: amortiguamiento y resonancia.
- ▶ El tiempo en los movimientos periódicos.

2.2. Procedimientos, destrezas y habilidades

- ▶ Descripción de las características de las fuerzas que producen movimientos vibratorios.
- ▶ Análisis y resolución de problemas en los que intervienen o hay que calcular las magnitudes cinemáticas, posición, velocidad y aceleración, de un *m.v.a.s.*
- ▶ Obtención de los parámetros de un oscilador a partir de su ecuación.
- ▶ Aplicación del cálculo diferencial e integral a problemas sobre el *m.v.a.s.*
- ▶ Diseño y realización de experiencias, con emisión de hipótesis y control de variables, que permitan comprobar efectos físicos sencillos, como la dependencia o no del periodo de un oscilador con sus características físicas.
- ▶ Realización e interpretación de representaciones gráficas a partir de las ecuaciones del movimiento.
- ▶ Análisis e interpretación de las transformaciones energéticas que se producen en un movimiento vibratorio.
- ▶ Identificación de movimientos vibratorios en la vida cotidiana.
- ▶ Interpretación cualitativa de fenómenos de resonancia y amortiguamiento.
- ▶ Resolución de cuestiones teóricas.

2.3. Actitudes

- ▶ Curiosidad por conocer, comprender y saber explicar algunos movimientos vibratorios sencillos que se dan en la naturaleza.
- ▶ Valoración de la importancia del fenómeno de resonancia en numerosos fenómenos a escala macroscópica y atómica.
- ▶ Comprensión de la necesidad de modelos matemáticos al estudiar problemas físicos y las limitaciones con las que dichos modelos se pueden aplicar.

- ▶ Valoración de la pulcritud y el rigor en el trabajo.
- ▶ Reflexión sobre la relación entre conceptos matemáticos, fenómenos físicos y la explicación de la propia realidad.

3. Criterios de evaluación

- Explicar las características de los movimientos vibratorios periódicos e identificar las magnitudes características de un movimiento armónico simple.
- Relacionar el $m.v.a.s$ con la fuerza que lo produce.
- Relacionar las características del movimiento (período, frecuencia, etc.) con las propias o dinámicas del oscilador (masa, constante k , longitud, etcétera).
- Calcular el valor de las magnitudes cinemáticas: posición, velocidad y aceleración de un movimiento armónico simple, representarlas gráficamente, y obtener la ecuación del $m.v.a.s$ a partir de las condiciones iniciales y otras características del movimiento.
- Estudiar experimentalmente un muelle real para determinar su constante elástica y discutir los factores que determinan o no el periodo de sus oscilaciones.
- Revisar el estudio mecánico y energético del movimiento de un péndulo, para determinar las condiciones en las que se comporta como oscilador armónico y aquellas en que se desvía de dicho comportamiento.
- Calcular el valor de una magnitud en la descripción del movimiento vibratorio armónico simple conociendo otras magnitudes del mismo.
- Hacer la representación gráfica de alguna de las ecuaciones de un movimiento armónico simple, interpretarla e identificar los puntos de la trayectoria que se relacionan con valores significativos.
- Comprender la relación de la energía (cinética, potencial o mecánica) de un oscilador con su posición y utilizarla para deducir las ecuaciones del movimiento.
- Escribir la ecuación de un oscilador a partir de la información de ciertos parámetros y extraer los parámetros a partir de la ecuación del oscilador.
- Describir el movimiento de un péndulo simple y los intercambios energéticos que tienen lugar en él.
- Obtener el periodo de un péndulo o de un oscilador a partir de sus características físicas, y viceversa, atendiendo al papel del tiempo al describir el movimiento.
- Describir cualitativamente los fenómenos de resonancia y atenuación.

4. Temas transversales

Se trata de una unidad con contenidos marcadamente ligados a la física y de carácter bastante teórico. Sin embargo, se puede continuar con el tratamiento de aspectos relacionados con la filosofía de la ciencia, relacionando esos contenidos con el estudio concreto de los movimientos periódicos y la propuesta de innovación para el Bloque 3 (véase: 4.1. Plan de actividades de la propuesta de innovación "Física como Filosofía Natural").

5. Prácticas de laboratorio

Estudio de un muelle real: determinación de la constante elástica, k , de un muelle; movimiento vibratorio de un muelle.

Movimiento oscilatorio de un péndulo simple: revisión de la deducción del valor de la intensidad del campo gravitatorio mediante el estudio de un péndulo simple; aproximación armónica del péndulo.

6. Lecturas complementarias

- ▶ El péndulo de Foucault (VV, 45; EDX, 84).
- ▶ Fenómenos de resonancia (EDB, 112).
- ▶ Elasticidad en ingeniería (EDE, 23).
- ▶ Oscilaciones reales y resonancia (ANA, 109).

7. Materiales y recursos didácticos

- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/oscilaciones/mas/mas.htm>: descripción de la cinemática y la dinámica de un *m.v.a.s.*, incluyendo una gráfica con la energía cinética, potencial y mecánica en cada punto.
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/oscilaciones/libres/libres.htm>: descripción del movimiento de una partícula alrededor de un punto de equilibrio, incluyendo un *applet* ilustrativo de la posición, velocidad y energía de la partícula.
- http://www.walter-fendt.de/ph14s/springpendulum_s.htm
- http://www.walter-fendt.de/ph14s/pendulum_s.htm: *applets* que muestran cómo varían la elongación, velocidad, aceleración, fuerza y energía en la oscilación de un muelle y un péndulo, respectivamente (en ausencia de rozamiento).
- <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=148.0>: simulación de la relación entre un movimiento armónico simple y uno circular uniforme.
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/oscilaciones/amortiguadas/amortiguadas.htm>:
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/oscilaciones/rozamiento1/rozamiento1.htm>: descripciones y *applet* ilustrativos de oscilaciones amortiguadas para el caso de una partícula unida a un muelle y de un bloque que cae unido a un muelle por un plano inclinado (con rozamiento)
- El universo mecánico
 - ◆ Capítulo 16: Movimiento armónico.
 - ◆ Capítulo 17: Resonancia.

Unidad didáctica 8. Movimiento ondulatorio

Los rizados en un estanque, los sonidos musicales, los temblores sísmicos producidos por un terremoto: todos estos son fenómenos ondulatorios y, a pesar de las diferencias entre ellos, tienen características comunes que harán posible su estudio conjunto. En esta unidad, se estudiará el movimiento ondulatorio como la propagación en un medio de un movimiento vibratorio armónico simple, transmitiendo de esta forma energía de un punto a otro del sistema, sin que ello implique un transporte neto de masa.

1. Objetivos

- Identificar el movimiento ondulatorio como la propagación en el espacio de un movimiento vibratorio armónico.
- Reconocer distintos tipos de ondas, atendiendo a distintos criterios relacionados con las características de su propagación.
- Distinguir entre aspectos relacionados con la propagación del movimiento ondulatorio (por ejemplo, su velocidad) y el movimiento de las partículas del medio que se ven afectadas por la perturbación.
- Comprender el concepto de movimiento ondulatorio y las magnitudes que lo describen.
- Interpretar la ecuación matemática correspondiente a un movimiento ondulatorio y reconocer en ella las magnitudes físicas que caracterizan la onda.
- Deducir la ecuación del movimiento ondulatorio para una onda unidimensional. Conocer y valorar algunos aspectos de ella, como la concordancia y oposición de fase y la existencia de una doble periodicidad.
- Comprender el movimiento ondulatorio como un movimiento doblemente periódico con respecto al tiempo y al espacio.
- Comprender cómo se transmite la energía en las ondas y las diferencias cualitativas que se establecen en función del número de dimensiones en que se propaga la onda.
- Comprender la idea de que lo que se propaga en una onda es energía (no materia) y que dicha energía disminuye debido a dos fenómenos: la atenuación y la absorción.
- Comprender el concepto de intensidad de onda y relacionarlo con la amplitud.
- Reconocer fenómenos ondulatorios presentes en la naturaleza.

2. Contenidos

2.1. Conceptos

- ▶ Movimiento ondulatorio. Definición.
- ▶ Clasificación de las ondas.
 - ◆ Según el tipo de energía que propagan: mecánicas o electromagnéticas.
 - ◆ Según la relación entre la dirección de propagación y la dirección de la oscilación puntual: longitudinales o transversales.
 - ◆ Según el número de dimensiones en que se propaga la onda: unidimensionales, bidimensionales, tridimensionales...
- ▶ Magnitudes características de una onda: período, frecuencia, longitud de onda, número de ondas, elongación, amplitud, velocidad de propagación y vibración.
- ▶ Propagación de las ondas. Descripción: foco o fuente y frente de ondas.
- ▶ Caso particular: Ecuación de ondas armónicas unidimensionales.
 - ◆ Consideraciones físicas.
 - ◆ Periodicidad de la ecuación de ondas: respecto al tiempo y la posición.
 - ◆ Ejemplificación: ondas en una cuerda o en la superficie del agua (unidimensional y bidimensional).

- ▶ Aspectos energéticos del movimiento ondulatorio.
 - ◆ Energía y potencia asociadas a una onda.
 - ◆ Intensidad de una onda.
- ▶ Atenuación de una onda.
- ▶ Absorción y coeficiente de absorción.

2.2. Procedimientos, destrezas y habilidades

- ▶ Deducción de los parámetros de ondas armónicas a partir de sus ecuaciones y viceversa, es decir, obtención de ecuaciones de ondas a partir de sus parámetros.
- ▶ Interpretación de gráficas y obtención de datos representativos a partir de ellas.
- ▶ Resolución de ejercicios y problemas donde se ponen de manifiesto los aspectos energéticos de una onda, así como los mecanismos por los que la energía asociada a una onda disminuye.
- ▶ Representación gráfica de las relaciones entre las magnitudes que caracterizan los movimientos ondulatorios.
- ▶ Resolución de problemas y cuestiones teóricas sobre el movimiento ondulatorio.
- ▶ Búsqueda de información sobre la importancia de las ondas en la sociedad actual.

2.3. Actitudes

- ▶ Valoración de la importancia de los modelos matemáticos e interés en el desarrollo de destrezas matemáticas aplicadas a la física.
- ▶ Curiosidad por conocer algunos de los movimientos ondulatorios más comunes que se dan en la naturaleza y los temas de actualidad relacionados con las ondas.
- ▶ Reconocer el papel de la física en la comprensión de fenómenos aparentemente distantes, como la música.

3. Criterios de evaluación

- Definir el movimiento ondulatorio, ligándolo al movimiento vibratorio armónico.
- Describir y clasificar los distintos tipos de ondas en función de los criterios explicados relacionados con las características de su propagación.
- Conocer las magnitudes que caracterizan un movimiento ondulatorio, reconociendo las coincidencias y diferencias respecto a las características del movimiento de las partículas del medio que se ven afectadas por la perturbación.
- Escribir e interpretar la ecuación de ondas armónicas a partir de los parámetros de la onda y deducir estos a partir de la ecuación.
- Aplicar la ecuación de las ondas armónicas unidimensionales en la resolución de ejercicios y problemas.
- Relacionar la ecuación de una onda con la gráfica que la representa, y viceversa.
- Explicar el significado de la doble periodicidad temporal-espacial y resolver ejercicios y problemas relacionados con esta cuestión.
- Describir y explicar la propagación de la energía en los distintos tipos de ondas.

- Estudiar la amplitud o la intensidad de una onda a una determinada distancia del foco para distintos tipos de onda.
- Resolver problemas donde se ponen de manifiesto los aspectos energéticos de una onda y mecanismos por los que la energía asociada a una onda disminuye.
- Describir fenómenos ondulatorios naturales y racabar información sobre aquellos de especial interés para el desarrollo tecnológico de la sociedad.

4. Temas transversales

Se trata de una unidad con contenidos enfocados a servir de puente entre el *m.v.a.s.* y fenómenos ondulatorios más complejos. Sin embargo, se pueden aprovechar los contenidos de la unidad para fomentar el desarrollo de las competencias básicas, proponiendo la realización de un breve trabajo de investigación sobre movimientos ondulatorios de gran importancia como:

- Las olas. Explicación de su formación y propagación. Aprovechamiento de la energía de las olas: centrales eléctricas mareomotrices.
- Los terremotos. Ondas sísmicas. Peligros y medidas de prevención.

5. Prácticas de laboratorio: No se realizarán en esta unidad.

6. Lecturas complementarias

- ▶ El universo de las ondas (ANA, 171).
- ▶ Terremotos: ondas sísmicas (VV, 69).
- ▶ Ondas sísmicas (ECI, 20).

7. Materiales y recursos didácticos

- <http://www.enciga.org/taylor/temas/ondas/index.htm?ondas14.htm>: aclaración y *applet* sobre ondas armónicas.
- <http://www.enciga.org/taylor/oscil/cubeta.html>: *applet* que permite la simulación de prácticas con cubetas de ondas en 3D. Advertencia: puede dar errores.
- www.e-sm.net/f2bach31: página en la que se amplían los contenidos sobre los tipos de onda que se propagan en un terremoto y los riesgos que conllevan.
- El universo mecánico
 - ♦ Capítulo 18: Ondas.

Unidad didáctica 9. Fenómenos ondulatorios

En la unidad anterior se han estudiado los aspectos más generales del movimiento ondulatorio, exponiendo una descripción conceptual y matemática de los mismos. A esta nueva unidad corresponde diferenciar el movimiento ondulatorio del movimiento corpuscular. Para ello se explicarán los fenómenos que caracterizan al comportamiento ondulatorio: reflexión, refracción, difracción, interferencia... Conceptos de gran interés teórico añadido para explicar los fenómenos de los que se ocupan otros bloques de la programación como la óptica, el electromagnetismo o la física moderna.

1. Objetivos

- Comprender el principio de Huygens y utilizarlo para explicar las propiedades del movimiento ondulatorio como: interferencia, reflexión, refracción y difracción.
- Comprender los fenómenos de interferencias de ondas en el espacio y en el tiempo.
- Conocer el principio de superposición de las ondas y describir el fenómeno de interferencia, tanto constructiva como destructiva.
- Describir los fenómenos de interferencia de ondas armónicas y aplicar el principio de superposición para deducir la ecuación de la interferencia de dos ondas armónicas coherentes.
- Aplicar el principio de superposición para deducir la ecuación de las ondas estacionarias, identificando los vientres y los nodos y aplicando los resultados al caso de las cuerdas y los tubos.
- Determinar las características de ondas estacionarias en casos sencillos.
- Describir y comprender la polarización de ondas transversales y sus clases.
- Definir y comprender la difracción y la influencia que sobre éste fenómeno tiene la longitud de la onda incidente.
- Conocer las leyes de la reflexión y la refracción, definiendo ambos fenómenos.
- Conocer y comprender el efecto Doppler, describiéndolo en algún ejemplo cotidiano.
- Relacionar el efecto Doppler, no solo con el sonido sino también con la luz y con los modelos cosmológicos actuales.

2. Contenidos

2.1. Conceptos

- ▶ Principio de Huygens.
- ▶ Reflexión y refracción. Justificaciones geométricas.
- ▶ Difracción.
- ▶ Polarización. Tipos de polarización: lineal, circular y elíptica.
- ▶ Composición de movimientos ondulatorios: interferencias.
 - ◆ Principio de superposición.
 - ◆ Interferencia de ondas coherentes.
 - ◆ Interferencias constructivas y destructivas.
- ▶ Ondas estacionarias.
 - ◆ Ecuación de la onda estacionaria.
 - ◆ Vientres y nodos de la onda estacionaria.
 - ◆ Ondas estacionarias en cuerdas fijas por un extremo o por los dos.
 - ◆ Ondas estacionarias en tubos cerrados por un extremo o por los dos.
- ▶ Efecto Doppler.
 - ◆ Descripción en función del estado de movimiento de la fuente y el observador.
 - ◆ Efecto Doppler en ondas electromagnéticas. Relación con la cosmología.

2.2. Procedimientos, destrezas y habilidades

- ▶ Aplicación de las leyes de la reflexión y la refracción.
- ▶ Representación gráfica de la reflexión y la refracción e interpretación a partir del principio de Huygens.
- ▶ Aplicación del efecto Doppler en el estudio de situaciones en la que es posible percibir dicho fenómeno.
- ▶ Utilización de los conceptos sobre ondas estacionarias en la resolución de problemas sobre ondas en cuerdas y tubos.
- ▶ Localización de nodos y vientres en ondas estacionarias.
- ▶ Resolución de problemas numéricos y cuestiones teóricas relacionadas con los fenómenos ondulatorios.
- ▶ Utilización rigurosa del lenguaje matemático y gráfico para la representación de los fenómenos ondulatorios.

2.3. Actitudes

- ▶ Reconocimiento de la importancia de los modelos matemáticos para predecir y explicar fenómenos físicos.
- ▶ Valoración de la importancia de los fenómenos ondulatorios en la sociedad.
- ▶ Actitud interesada hacia el conocimiento de los distintos dispositivos ubicados tanto en la Tierra como en el espacio para escudriñar el universo, y valoración de su utilidad en la evolución del conocimiento del ser humano.

3. Criterios de evaluación

- Conocer el principio de Huygens y utilizarlo para describir cualitativamente las propiedades de las ondas e interpretar la reflexión, la refracción y la difracción.
- Comprender los fenómenos de interferencias de ondas en el espacio y establecer las condiciones de máximos y mínimos de interferencia en casos sencillos.
- Comprender los fenómenos de interferencias de ondas en el tiempo y utilizar el concepto de onda modulada en casos sencillos.
- Identificar la onda resultante de la interferencia de dos ondas coherentes a una cierta distancia de los focos. Reconocer cuándo se produce una interferencia constructiva y cuándo una destructiva.
- Utilizar el principio de superposición de las ondas para resolver ejercicios y problemas de interferencias, tanto constructiva como destructiva.
- Describir el fenómeno de onda estacionaria y aplicarlo a la resolución de ejercicios y problemas sobre ondas estacionarias en cuerdas y en tubos.
- Explicar el fundamento de la polarización y su clasificación.
- Utilizar los conceptos de reflexión y refracción de una onda y resolver diversos ejercicios y problemas asociados a dicho concepto.
- Aplicar el principio de Huygens para resolver diversas cuestiones y ejercicios.
- Utilizar y valorar el efecto Doppler por sus aplicaciones cotidianas, y resolver diversos ejercicios y problemas relacionados con él.

- Conocer y explicar la importancia del efecto Doppler en el campo de la astronomía y la cosmología.

4. Temas transversales

Buena parte de los posibles contenidos transversales de esta unidad se solapan con los de unidades previas o posteriores (como la referente al sonido o a la naturaleza de la luz), dejando poco margen de maniobra. Precisamente por ello, puede aprovecharse este tema para insistir en la importancia de un conocimiento integrado de los contenidos de física, que permita una adecuada comprensión de todos ellos. Así, puede mostrarse que los fenómenos ondulatorios están presentes en todo el currículo de la asignatura: desde las observaciones astronómicas en gravitación, hasta la crisis de la física clásica, pasando por el electromagnetismo y la óptica.

5. Prácticas de laboratorio

Estudio de fenómenos ondulatorios (reflexión, difracción, interferencia...) a partir de un applet que simula una cubeta de ondas.

6. Lecturas complementarias

- ▶ Los seísmos. Escalas de Mercalli y Richter (ECE, 126).
- ▶ La cubeta de ondas (EDX, 112).
- ▶ La ley pitagórica de las cuerdas (Gamow, 1961 (2006), pp. 12-14).

7. Materiales y recursos didácticos

- http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/interferencia_0/interferencia_0.htm: descripción y *applet* ilustrativo de la interferencia de ondas unidimensionales.
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/interferencia/Interferencia.html>: descripción y *applet* ilustrativo de la interferencia de ondas bidimensionales.
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/difraccion/difraccion.html>: descripción y *applet* ilustrativo de la difracción producida por una rendija.
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/redes/redes.htm>: descripción y *applet* de la interferencia y la difracción, simulando el experimento de la doble rendija.
- http://galileoandeinstein.physics.virginia.edu/more_stuff/flashlets/doppler.htm: *applet* sobre el efecto Doppler que permite colocar un “micrófono” en distintas posiciones respecto a la fuente.
- <http://www.enciga.org/taylor/oscil/cubeta.html>: *applet* que permite la simulación de prácticas con cubetas de ondas en 3D. Advertencia: puede dar errores.

Unidad didáctica 10. El sonido

Seguramente, de todas las ondas mecánicas que se dan en la naturaleza, las más importantes en nuestra vida diaria son las ondas longitudinales en un medio, usualmente aire, llamadas ondas sonoras. Se examinarán las relaciones entre desplazamiento, fluctuación de presión e intensidad, así como los vínculos entre estas cantidades y la percepción humana del sonido.

1. Objetivos

- Conocer y comprender qué son las ondas sonoras, así como las magnitudes que definen un sonido y lo diferencian de otros sonidos.
- Reconocer el sonido como una perturbación ondulatoria y relacionar algunos fenómenos conocidos con las propiedades del movimiento ondulatorio.
- Comprender cómo se propaga el sonido, así como los factores que determinan su velocidad de propagación en los distintos medios materiales.
- Entender el concepto de intensidad sonora y los factores de los que depende, así como su relación con la escala logarítmica de nivel de intensidad.
- Comprender el mecanismo de interferencia de ondas sonoras por diferencia de caminos recorridos.
- Entender cómo se establecen ondas estacionarias en tubos abiertos por uno o los dos extremos y su relación con los instrumentos de viento.
- Interpretar las propiedades de reflexión, refracción y difracción de las ondas sonoras.
- Comprender el efecto Doppler en el caso de las ondas sonoras y sus consecuencias.
- Conocer y valorar las aplicaciones tecnológicas de las ondas sonoras y su contribución a la mejora de las condiciones de vida.
- Reflexionar acerca de la contaminación acústica, causas y modos de evitarla.

2. Contenidos

2.1. Conceptos

- ▶ Naturaleza del sonido.
 - ◆ Definición. Ondas sonoras (en términos de desplazamiento y de presión).
 - ◆ Propagación del sonido. Velocidad de propagación en distintos medios.
 - ◆ Audición. La percepción del sonido.
- ▶ Cualidades del sonido.
 - ◆ Intensidad del sonido. Escala de nivel de intensidad sonora. El decibelio.
 - ◆ Tono y timbre.
- ▶ Fenómenos ondulatorios del sonido.
 - ◆ Reflexión. Eco y reverberación.
 - ◆ Refracción. Lentes acústicas.
 - ◆ Difracción.
 - ◆ Interferencia.
 - ◆ Resonancia.
- ▶ Ondas sonoras estacionarias en tubos abiertos por uno o ambos extremos.
 - ◆ Relación con los instrumentos de viento.
- ▶ Efecto Doppler-Fizeau aplicado a ondas sonoras.
- ▶ Aplicaciones tecnológicas del sonido: ecografía, sonar, litotricia (LEC), etc.
- ▶ Contaminación acústica y calidad de vida.
 - ◆ Efectos perjudiciales del ruido.
 - ◆ Medidas de prevención. Aislamiento acústico.

2.2. Procedimientos, destrezas y habilidades

- ▶ Aplicación del cálculo logarítmico a problemas de intensidad sonora.
- ▶ Interpretación de gráficas y obtención de datos a partir de las mismas.
- ▶ Determinación experimental de la velocidad de propagación del sonido en el aire, identificando los armónicos en una columna de aire de longitud variable.
- ▶ Determinación experimental de la frecuencia de un sonido, empleando para ello la identificación de armónicos en una columna de aire de longitud variable.
- ▶ Resolución de problemas numéricos y cuestiones teóricas relacionadas con las ondas sonoras y su propagación.
- ▶ Aplicación del efecto Doppler a la resolución de problemas y cuestiones.

2.3. Actitudes

- ▶ Reconocimiento de la relación de la física con la música o la comunicación.
- ▶ Sensibilización con las consecuencias para la salud de la contaminación acústica.
- ▶ Valoración de las ondas sonoras en el desarrollo tecnológico de la sociedad.
- ▶ Constatación de la relación entre la física y otras materias como la biología.

3. Criterios de evaluación

- Conocer y utilizar las características que definen a un sonido para así poder diferenciarlos de otros.
- Aplicar las propiedades generales de las ondas al caso de las ondas sonoras e interpretar las consecuencias que se derivan de ello.
- Interpretar y calcular velocidades de propagación del sonido en distintos medios.
- Aplicar los conocimientos adquiridos sobre la potencia, la intensidad y el nivel de intensidad sonora (y sus unidades) en la resolución de problemas.
- Analizar el establecimiento de ondas estacionarias en tubos abiertos por uno o sus dos extremos, determinando los correspondientes armónicos.
- Explicar las propiedades y fenómenos propios de las ondas (reflexión, refracción, difracción e interferencia), aplicados al caso concreto de las ondas sonoras.
- Utilizar el efecto Doppler-Fizeau para interpretar las variaciones de frecuencia percibidas según el movimiento de la fuente sonora, del observador o de ambos.
- Comprender y explicar el funcionamiento de diversos aparatos que pongan de manifiesto las aplicaciones tecnológicas de las ondas sonoras en campos como la medicina (ecografía, litotricia) o el transporte (sonar).
- Analizar a partir de una búsqueda previa de información el problema de la contaminación acústica, sus consecuencias y las formas de evitarlo o reducirlo.

4. Temas transversales

En esta unidad es muy habitual abordar el tema de la contaminación acústica, desde la salud auditiva, la responsabilidad personal y la conciencia cívica. Sin embargo, no es el único tema transversal que se puede tratar en esta unidad. El sonido es un aspecto que aparece reiteradamente en películas y que puede servirnos en el aula para:

- Plantear cuestiones relacionadas con el temario, a partir de distintas escenas. Algunos ejemplos serían: el sonido de las explosiones en el espacio, los indios poniendo la oreja en el suelo para detectar a sus enemigos, superhéroes “viendo” a partir del sonido, destructores buscando submarinos enemigos, sonidos fuertes provocando avalanchas, cantos rompiendo cristales, etc.
- Proponer un debate en clase: ¿qué papel juega el cine y la televisión en la transmisión o deformación del conocimiento científico? ¿Deben ser rigurosos científicamente o deben limitarse a entretener y que sea el espectador quien filtre la información? ¿Es lo mismo ciencia-ficción que fantasía?

5. Prácticas de laboratorio

Determinación de la velocidad del sonido.

6. Lecturas complementarias

- ▶ La barrera del sonido (VV, 93).
- ▶ Los ultrasonidos y sus aplicaciones (ECI, 47).
- ▶ Ondas de choque (EVE, 126; EDX, 144).
- ▶ Acústica de locales (EDB, 163).
- ▶ Sistemas acústicos de formación de imágenes (EDE, 51).
- ▶ El oído humano. Contaminación acústica (ANA, 141; ECI, 49).

7. Materiales y recursos didácticos

- http://web.educastur.princast.es/proyectos/jimena/pj_franciscga/TEMA3.HTM: otra página en relación con la caracterización del sonido como un fenómeno ondulatorio. Incluye descripción de la práctica de laboratorio correspondiente.
- http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/el_sonido/index.htm: página adaptada a nivel de 2º de Bachillerato sobre el sonido.
- <http://www.educaplus.org/play-182-Efecto-Doppler.html?PHPSESSID=efb8c0953924037ae6125f27d5edaf39>: efecto Doppler aplicado a las ondas sonoras.
- http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3212/html/5_aplicaciones_de_las_ondas_sonoras.html: descripción de múltiples aplicaciones de las ondas sonoras. Incluye enlaces a explicaciones más generales sobre el sonido.

BLOQUE IV: ÓPTICA

Al estudiar la rama de la física llamada óptica, que se ocupa del comportamiento de la luz, es posible alcanzar una apreciación más profunda del mundo visible. Los mismos principios básicos de la óptica se encuentran en el corazón de los equipos modernos como el láser, la fibra óptica, los hologramas, las computadoras ópticas y las novedosas técnicas para obtener imágenes con fines médicos.

Este bloque que se divide en dos unidades, correspondientes a lo que comúnmente se denomina óptica física y óptica geométrica. En ellos se presentarán las diversas formas de comprender los fenómenos relacionados con la luz y la controversia histórica que entre ellas fueron surgiendo, de forma que sirvan de primer paso hacia la “física moderna” y la revolución científica del siglo XX.

Unidad didáctica 11. Naturaleza de la luz

Esta unidad sigue un desarrollo histórico de las controversias científicas sobre la naturaleza de la luz, centrándose en las figuras de Newton y Huygens. Se mostrarán los argumentos que sustentaron los distintos modelos de la naturaleza de la luz y se tratarán los fenómenos luminosos más característicos. Se mostrarán las ventajas que el modelo ondulatorio presentaba en su época, al tiempo que se conecta con el bloque de física moderna y la explicación de los experimentos y fenómenos que volvieron a poner sobre la mesa el debate en torno a la naturaleza de la luz.

1. Objetivos

- Conocer la controversia histórica (y su evolución) sobre la naturaleza de la luz.
- Analizar las evidencias de su naturaleza corpuscular u ondulatoria y cómo los estudios teóricos y el descubrimiento de nuevos fenómenos (y la revisión de los ya conocidos) fueron decantando la controversia hacia una teoría dual.
- Reflexionar sobre los criterios de superioridad de una teoría sobre otra en el desarrollo científico, concretando al caso de la naturaleza de la luz.
- Asociar la luz con el espectro electromagnético y su división en bandas según la frecuencia de la radiación.
- Conocer los fenómenos relacionados con el carácter ondulatorio de la luz y comprender hechos que son consecuencia de los mismos.
- Analizar de forma especial las interferencias producidas por la coincidencia en el espacio y en el tiempo de ondas coherentes y la difracción cuando la luz atraviesa obstáculos de pequeño tamaño (experiencias de Young y Fresnel).
- Describir los fenómenos relacionados con la propagación rectilínea de la luz (sombras y penumbras, reflexión y refracción) y las leyes que los gobiernan.
- Conocer a qué velocidad se propagan las ondas electromagnéticas en el vacío, así como los métodos de Römer y Fizeau para determinar la velocidad de la luz.
- Conocer y comprender la teoría física del color..
- Conocer y comprender los fenómenos de reflexión, refracción y dispersión de la luz y las leyes que los gobiernan, valorando este conocimiento para entender fenómenos naturales cotidianos.
- Relacionar la refracción con conceptos como el ángulo límite o el de Brewsted.
- Explicar el fenómeno de la absorción de la luz.
- Conocer y comprender otros fenómenos luminosos, como, por ejemplo, las interferencias luminosas, la polarización de la luz o el efecto Doppler.

- Comprender algunos efectos experimentales sobre los fenómenos anteriores, como las ilusiones ópticas, la reflexión total, la fibra óptica, el arco iris, etc.
- Relacionar las características de una radiación luminosa (longitud de onda, frecuencia, periodo...) con la ecuación de la onda correspondiente.

2. Contenidos

2.1. Conceptos

- ▶ Naturaleza de la luz.
 - ◆ Antecedentes históricos.
 - ◆ Modelo corpuscular de la luz de Newton y modelo ondulatorio de Huygens.
 - ◆ Síntesis electromagnética y la óptica de Maxwell.
 - ◆ Introducción a la dualidad onda-corpúsculo
- ▶ Propagación de la luz.
 - ◆ Propagación rectilínea. Principio de Fermat.
 - ◆ Velocidad de la luz.
 - Determinación por métodos astronómicos y terrestres. Valor actual.
- ▶ Luz y ondas electromagnéticas. Espectro electromagnético.
- ▶ La luz como fenómeno ondulatorio.
 - ◆ Reflexión de la luz.
 - ◆ Refracción de la luz.
 - Ley de Snell. Índice de refracción.
 - Ángulo límite y reflexión total. Fibra óptica.
 - Espejismos. Fata Morgana.
 - ◆ Difracción de la luz. Ranura simple.
 - ◆ Interferencia de la luz. Experimento de Young de la doble rendija.
 - ◆ Polarización de la luz. Por absorción y por reflexión. Ángulo de Brewsted.
- ▶ El color.
 - ◆ Mezcla aditiva y sustractiva de colores.
 - ◆ La visión del color y anomalías en la misma.
 - ◆ Dispersión de la luz blanca. Prismas.
- ▶ Absorción y medida de la energía luminosa. Ley de Beer-Lambert.

2.2. Procedimientos, destrezas y habilidades

- ▶ Observación y análisis de fenómenos cotidianos de propagación de la luz.
- ▶ Esquematización de situaciones físicas relativas a la propagación de la luz e identificación de las leyes relacionadas.
- ▶ Trazado de rayos en distintos medios, a partir de sus índices de refracción.
- ▶ Resolución de ejercicios numéricos relativos a la reflexión y refracción.
- ▶ Realización de prácticas sencillas de difracción e interferencia en la doble rendija de Young. Interpretación de los resultados.
- ▶ Diseño y realización de experiencias relacionadas con la reflexión y la refracción.
- ▶ Determinación del índice de refracción de una lámina semicilíndrica de vidrio.

- ▶ Resolución de cuestiones teóricas sobre la naturaleza de la luz, su propagación y los fenómenos que experimenta.
- ▶ Distinción entre un efecto óptico y el fenómeno que lo produce.

2.3. Actitudes

- ▶ Reflexión sobre la evolución de la ciencia, considerando aspectos como la confrontación de distintas hipótesis, el contraste con los experimentos, la revisión de resultados, el carácter no dogmático de la ciencia...
- ▶ Valoración de la importancia de los avances científicos y tecnológicos relacionados con fenómenos luminosos.
- ▶ Interés por las explicaciones físicas de fenómenos naturales, como el color de los cielos, los espejismos, el arco iris, etc.

3. Criterios de evaluación

- Explicar las diferentes teorías de relevancia histórica sobre la naturaleza de la luz.
- Reconocer qué fenómenos luminosos pueden ser explicados por cada una de las teorías sobre la luz, reflexionando sobre aquellos que fueron decantando la controversia por uno u otro modelo hasta una teoría dual.
- Relacionar frecuencias y longitudes de onda con las diferentes regiones del espectro electromagnético.
- Analizar e interpretar la distribución de máximos y mínimos de intensidad en los fenómenos de difracción e interferencia.
- Describir cualitativa y cuantitativamente los métodos de medida de la velocidad de la luz y valorar su distinta precisión.
- Utilizar las leyes sobre la propagación de la luz para explicar fenómenos cotidianos: reflexión, refracción y dispersión y la percepción de los colores.
- Aplicar la teoría del color para entender algunos fenómenos cotidianos.
- Aplicar las leyes de la reflexión y la refracción, así como determinar las condiciones en que puede producirse la reflexión total.
- Explicar el fenómeno de polarización de la luz y alguna de sus aplicaciones.
- Utilizar los conceptos estudiados para resolver distintas cuestiones o ejercicios sobre otros fenómenos luminosos.
- Obtener la ecuación de onda, conociendo los parámetros característicos de una radiación luminosa (periodo, frecuencia, amplitud, longitud de onda y velocidad de propagación) y viceversa.
- Comprender el fenómeno de la absorción de la luz y los aspectos energéticos involucrados en la propagación de la luz.

4. Temas transversales

Se propone abordar desde una perspectiva histórico-filosófica la evolución desde las primeras ideas sobre la luz hasta el modelo dual (tratado en mayor profundidad en el bloque de física moderna). Se verán aspectos en relación con el progreso científico,

como parte de la propuesta de innovación para el Bloque 4 (véase: 4.1. Plan de actividades de la propuesta de innovación "Física como Filosofía Natural").

De esta forma se puede reflexionar sobre el grado de certeza y confianza que los estudiantes tienen sobre los conocimientos que están adquiriendo y plantearles la pregunta: ¿Existe un criterio que permite determinar la superioridad de una teoría sobre otra y convencer a los rivales o, como decía Planck, *“un nuevo paradigma científico no triunfa convenciendo a los escépticos y haciéndoles ver la luz, sino gracias a que esos escépticos acaban muriendo y crece una nueva generación acostumbrada a él”*?

5. Prácticas de laboratorio

Determinación del índice de refracción de una lámina semicilíndrica de vidrio.

Estudio de la difracción y la interferencia en el experimento de la doble rendija de Young.

6. Lecturas complementarias

- ▶ Hologramas (VV, 227).
- ▶ ¿Se pueden mover objetos con luz? Las pinzas ópticas (EDE, 205).
- ▶ Algunos aspectos del arco iris (EVE, 288; ECI 74-75).
- ▶ ¿Por qué el cielo es de color azul? (EVE, 288).
- ▶ La fibra óptica (EDX, 252).
- ▶ Óptica (Gamow, 1961 (2006), pp. 93-105).
- ▶ Sobre la propagación rectilínea de la luz (Gamow, 1961 (2006), pp. 105-110).
- ▶ El triunfo de la teoría ondulatoria de la luz (Gamow, 1961 (2006), pp. 110-112).
- ▶ Acerca de la identificación por medio de la vista [Abbott, 1884(2010), pp.47-53].

7. Materiales y recursos didácticos

- <http://www.ub.edu/javaoptics>: página con recursos sobre fenómenos luminosos. Incluye resúmenes de teoría. Advertencia: nivel algo elevado para este curso.
- <http://www.educaplus.org/luz/index.html>: desarrollo de todas las propiedades físicas de la luz. Incluye *applets* ilustrativos de cada caso.
- <http://www.monografias.com/trabajos13/fibropt/fibropt.shtml>: material de ampliación sobre la fibra óptica.
- http://www.fisicanet.com.ar/fisica/ondas/ap08_luz.php: repaso del desarrollo histórico de la controversia sobre la naturaleza de la luz.
- El universo mecánico:
 - ◆ Capítulo 40: Óptica.

Unidad didáctica 12. Óptica geométrica

Esta unidad aborda el estudio de la propagación de la luz cuando los obstáculos considerados son mucho mayores que la longitud de onda empleada, lo que permite ignorar los efectos de la difracción y representar la luz mediante rayos rectilíneos. Así, se utilizarán los conocimientos clásicos de la óptica geométrica para construir la imagen

que los espejos y las lentes forman de un objeto cuando éste se encuentra a distintas distancias de ellos. Se verá también la aplicación práctica de estos conocimientos, explicando el funcionamiento de instrumentos ópticos tales como cámaras o telescopios.

1. Objetivos

- Conocer los conceptos básicos y convenios que definen la óptica geométrica.
- Entender la formación de imágenes tanto en espejos planos y esféricos como en distintos tipos de lentes delgadas.
- Definir qué es un dioptrio, esférico y plano, y comprender cómo se forma una imagen en un dioptrio.
- Conocer y comprender los distintos tipos de lentes esféricas delgadas que existen y las magnitudes que se utilizan para caracterizarlas.
- Comprender la formación de imágenes en espejos planos y esféricos.
- Representar gráficamente mediante trazado de rayos la imagen de un objeto obtenida con distintos tipos de espejos y lentes.
- Resolver problemas y cuestiones de óptica geométrica gráfica y numéricamente.
- Comprender la estructura anatómica del ojo y los defectos ópticos asociados a él.
- Entender y describir los mecanismos de funcionamiento de algunos instrumentos ópticos típicos, como la lupa, el microscopio, la cámara fotográfica, etc.

2. Contenidos

2.1. Conceptos

- ▶ Óptica geométrica
 - ◆ Conceptos básicos. Objeto e imagen. Sistemas ópticos.
 - ◆ Convenio de signos. Convenio DIN. Óptica paraxial.
- ▶ Dioptrio esférico y plano. Foco y planos focales.
- ▶ Espejos. Ecuación de los espejos.
 - ◆ Formación de imágenes por espejos planos y combinaciones de ellos.
 - ◆ Formación de imágenes por espejos esféricos. Cóncavos y convexos.
- ▶ Lentes. Ecuación fundamental de las lentes delgadas.
 - ◆ Focos y distancias focales.
 - ◆ Potencia de una lente.
 - ◆ Aumento lateral de una lente.
 - ◆ Formación de imágenes por lentes convergentes y divergentes.
 - ◆ Combinación de lentes.
- ▶ Instrumentos ópticos. Lupa, microscopio, anteojos, telescopios...
- ▶ El ojo humano y sus defectos.
 - ◆ El ojo como sistema óptico.
 - ◆ Defectos de visión. Miopía, hipermetropía, presbicia y astigmatismo
- ▶ Aberraciones en los sistemas ópticos. Esférica y cromática.

2.2. Procedimientos, destrezas y habilidades

- ▶ Descripción de las imágenes formadas en distintos sistemas ópticos.
- ▶ Determinación de distancias focales de sistemas ópticos.
- ▶ Cálculo de aumentos en instrumentos ópticos.
- ▶ Cálculo de la posición y del tamaño de la imagen en espejos y en lentes delgadas.
- ▶ Utilización de diagramas de rayos para estudiar la formación de imágenes.
- ▶ Diseño y realización de montajes experimentales para estudiar la formación de imágenes en espejos y en lentes delgadas.
- ▶ Identificación de las aplicaciones de la óptica geométrica en la vida cotidiana.
- ▶ Análisis y descripción del funcionamiento de instrumentos ópticos sencillos.

2.3. Actitudes

- ▶ Toma de conciencia de la importancia que tienen hoy en día los distintos instrumentos ópticos de gran resolución (tanto microscopios como telescopios) en el desarrollo de la medicina, la biología, la astronomía, etcétera.
- ▶ Valoración de la importancia que tuvo el desarrollo de la óptica y una de sus aplicaciones, el telescopio, en el cambio conceptual producido acerca de la posición de la Tierra en el universo.
- ▶ Reconocimiento del papel que las leyes de la óptica han tenido para la sociedad en lo relativo al conocimiento y corrección de los defectos visuales más comunes.

3. Criterios de evaluación

- Describir y aplicar los convenios que definen la óptica geométrica.
- Interpretar las ecuaciones del dioptrio esférico y del plano, aplicándola para resolver imágenes por refracción a través de superficies esféricas o planas, considerando el criterio de signos conveniente.
- Aplicar a distintas situaciones la ecuación de los espejos, utilizando el criterio de signos, para resolver imágenes en espejos curvos desde la aproximación paraxial.
- Clasificar los distintos tipos de lentes esféricas delgadas que existen y definir las magnitudes que se utilizan para caracterizarlas.
- Reconocer el tipo de imagen que se forma en distintos sistemas ópticos, distinguiendo entre imágenes reales o virtuales y derechas o invertidas.
- Determinar la imagen que un espejo (plano o curvo) o una lente delgada dan de un objeto, dependiendo de dónde se encuentre este, describiendo la imagen resultante por procedimientos gráficos y analíticos.
- Aplicar los conceptos y leyes explicados a problemas y cuestiones relacionadas con la óptica geométrica, gráfica, descriptiva y matemáticamente.
- Explicar la estructura anatómica del ojo, los defectos ópticos asociados a él y la forma de corregirlos.
- Describir el funcionamiento de instrumentos ópticos, como la lupa, el microscopio, el telescopio y la cámara fotográfica.

4. Temas transversales

Se propone a los estudiantes que se informen sobre las aplicaciones tecnológicas de la óptica geométrica, no desde una visión teórica, sino a través de comercios, asociaciones, clínicas, etc. existentes en su entorno y relacionados con la óptica. De esta forma se puede tratar transversalmente la competencia social y ciudadana, incentivando la preocupación por conocer los recursos existentes con su entorno y conectarlos con las materias impartidas. Una vez recopilada la información, es interesante que sean capaces de comunicársela a sus compañeros de forma sintética y estructurada, complementando los contenidos dados en clase.

5. Prácticas de laboratorio

Formación de imágenes en espejos y en lentes delgadas.

6. Lecturas complementarias

- ▶ Los nuevos telescopios espaciales (VV, 257).
- ▶ El ojo humano como sistema óptico (EDB, 269).
- ▶ El sistema Hawkeye, «ojo de halcón» (EDE, 235).
- ▶ El telescopio (ANA, 319; EDX, 284).
- ▶ Microscopios y telescopios (SZYF, 1191-1195).
- ▶ Optical telescopes (Schneider, 2006, pp. 25-29). Advertencia: en inglés.

7. Materiales y recursos didácticos

- <http://enebro.pntic.mec.es/~fmag0006/index.html>: página con recursos sobre ondas y óptica. Incluye applets, reseñas históricas y guiones de prácticas.
- <https://sites.google.com/site/geometricaoptica/home>: recopilación de contenidos teóricos, bastante próximos a los de la unidad.
- <http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/historia/Historia.htm>: breve historia de la óptica geométrica, así como la biografía de los físicos que más han contribuido a su desarrollo.
- <http://www.asaaf.org/>: página de la asociación de astrónomos aficionados.
- <http://www.saaomega.com/>: página de la sociedad astronómica asturiana. Interesante si se quiere contactar con la sociedad para alguna actividad sobre instrumentos ópticos y observaciones astronómicas.

BLOQUE V: INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA MODERNA

La síntesis electromagnética, junto con el desarrollo de la termodinámica, había conseguido culminar el marco de la física clásica y su éxito condujo a algunos científicos a asegurar que “ya no queda nada por descubrir en Física, sólo queda aumentar más y más la precisión de las medidas experimentales”. Pero a finales del siglo XIX se acumularon una serie de dificultades insuperables para las teorías clásicas, dando lugar a lo que (más tarde) se conocería como la gran revolución científica de principios del siglo XX, basada en la teoría de la relatividad y en la física cuántica, comparable a lo que siglos antes había supuesto la revolución científica iniciada por

Copérnico y culminada por Newton. Este bloque se centrará en introducir los conceptos básicos sobre los que se asienta la “física moderna” surgida tras esa revolución.

Unidad didáctica 13. Física relativista

En esta unidad, se inicia el estudio de la física moderna con una aproximación a las teorías de la relatividad, con su novedoso planteamiento conceptual (basado en dos “sencillos” postulados: las leyes de la física son las mismas en todos los marcos de referencia inerciales; y la velocidad de la luz en el vacío es la misma en todos los marcos inerciales). La relatividad tiene importantes consecuencias en todos los campos de la física, entre ellos el electromagnetismo, la física atómica y nuclear, y la física de alta energía. Se verá cómo, aunque muchos de los resultados que se deducen en esta unidad tal vez contradigan nuestra intuición, la teoría concuerda sólidamente con las observaciones experimentales.

1. Objetivos

- Conocer los antecedentes y las causas que dan lugar a la teoría de la relatividad especial. Aplicar la relatividad galileana y explicar el significado del experimento de Michelson y Morley.
- Comprender las limitaciones de la física clásica para explicar determinados fenómenos relacionados con el movimiento de los cuerpos, como la constancia de la velocidad de la luz para cualquier observador.
- Conocer y comprender el principio de relatividad, aplicado a la mecánica clásica, reconociendo la importancia que tiene el principio de relatividad de Galileo.
- Conocer los enunciados de los principios que sustentan la teoría de la relatividad especial y sus principales consecuencias.
- Definir el concepto de sistema de referencia inercial uno no inercial.
- Analizar las consecuencias que se derivan de las transformaciones de Lorentz y establecer la correspondencia entre estas y las transformaciones galileanas.
- Entender las implicaciones de los postulados de Einstein en los conceptos de masa, momento lineal y energía.
- Comprender el concepto de energía relativista y la conexión masa-energía.
- Enunciar y comprender la formulación de las leyes de la dinámica, de forma que sean compatibles con los postulados de Einstein.
- Comprender la idea de la relatividad del espacio y del tiempo.
- Conocer y comprender las observaciones que sustentan la teoría de la relatividad.
- Entender los principios de la teoría general de la relatividad y sus implicaciones sobre la interacción gravitatoria.

2. Contenidos

2.1. Conceptos

- ▶ El espacio y el tiempo.
- ▶ Sistemas de referencia.

- ◆ Inerciales y no inerciales.
- ◆ Absolutos. El éter. Controversia histórica.
- ▶ Principio de relatividad de Galileo.
 - ◆ Velocidad y aceleración relativa. Transformación de Galileo.
- ▶ La velocidad de la luz.
 - ◆ Revisión de su determinación experimental.
 - ◆ Relación con la teoría electromagnética de Maxwell.
 - ◆ Experimento de Michelson-Morley y sus consecuencias.
- ▶ Teoría de la relatividad especial de Einstein.
 - ◆ Postulados de Einstein. Cono de luz.
- ▶ Transformación de Lorentz.
 - ◆ Contracción del espacio y dilatación temporal.
- ▶ Masa y energía relativistas: principio de equivalencia masa-energía.
- ▶ Teoría general de la relatividad.
- ▶ Confirmación experimental de la teoría de la relatividad.
- ▶ Repercusiones de la teoría de la relatividad.
 - ◆ Aplicaciones tecnológicas. El GPS.
 - ◆ Relatividad y física de partículas.
 - ◆ Relatividad, astronomía y cosmología.
 - Efecto Doppler relativista.
 - Desplazamiento al rojo gravitatorio.
 - ◆ Interpretaciones conceptuales.

2.2. *Procedimientos, destrezas y habilidades*

- ▶ Resolución de cuestiones y problemas sobre relatividad galileana.
- ▶ Descripción del significado físico de los principios de la relatividad.
- ▶ Determinación de magnitudes características de un cuerpo (masa, energía, tamaño o tiempo de duración de un suceso) en relación con su velocidad.
- ▶ Cálculo de tiempos en distintos sistemas de referencia.
- ▶ Cálculos de momento y energía relativistas.
- ▶ Aplicación de las transformaciones de Galileo y de Lorentz en casos sencillos.
- ▶ Determinación de distancias en distintos sistemas de referencia.
- ▶ Resolución de problemas y cuestiones teóricas sobre la masa y la energía en el marco de la teoría de la relatividad.

2.3. *Actitudes*

- ▶ Consideración del cambio conceptual que ha supuesto la teoría de la relatividad.
- ▶ Interés por recabar información histórica sobre el origen y la evolución de la teoría de la relatividad.
- ▶ Reflexión sobre los debates científicos, epistemológicos y metafísicos que suscitó la teoría de la relatividad.

3. Criterios de evaluación

- Definir conceptos necesarios para la comprensión de los principios de la relatividad, como el de sistema de referencia inercial.
- Aplicar las transformaciones galileanas a sistemas de referencia inerciales.
- Comprender que la física clásica no puede explicar determinados fenómenos, como el incumplimiento del principio de relatividad de Galileo o la constancia de la velocidad de la luz para cualquier movimiento de la fuente luminosa.
- Explicar el experimento de Michelson y Morley y sus consecuencias.
- Utilizar el principio de relatividad, aplicado a la mecánica clásica, en la resolución de ejercicios y problemas.
- Comprender los postulados de la relatividad restringida y cómo resuelven los problemas planteados a la física clásica respecto al movimiento de los cuerpos.
- Utilizar la transformación de Lorentz para explicar la dilatación del tiempo, la contracción de las longitudes y la suma relativista de velocidades.
- Determinar masas, momentos lineales y energías relativistas.
- Aplica los postulados de Einstein en la resolución de ejercicios y problemas referidos a la masa y la energía relativistas.
- Comprender y describir cualitativamente algunos de las observaciones que han sido considerados una confirmación de la teoría de la relatividad.
- Analizar las consecuencias de la teoría de la relatividad sobre los conceptos de espacio y de tiempo.
- Conocer y describir las ideas principales de la teoría general de la relatividad.

4. Temas transversales

En esta unidad (y la siguiente) culminan algunos de los conceptos explicados a lo largo de toda la asignatura como: campo, instantaneidad, acción a distancia, etc. Puede plantearse entonces la apertura de un debate en torno a uno de los siguientes temas (elegido por los estudiantes a fin de asegurar una mayor participación):

- El vacío. Los modelos mecanicistas y el problema de la acción a distancia en física. Relación con el espacio y, en concreto, con el éter y el vacío.
- El tiempo. El tiempo en física, ¿absoluto, relativo o ilusión?

Resulta interesante que se contrasten las perspectivas científicas con las meramente filosóficas. Para ello pueden asignarse roles a los estudiantes, no sólo a favor de cada una de las posturas dentro del ámbito científico, sino también referidos a posiciones filosóficas (o de otra índole) no científicas.

5. Prácticas de laboratorio: No se realizarán en esta unidad.

6. Lecturas complementarias

- ▶ Introducción a la física moderna (EDB, 274-275).
- ▶ Hacia un universo deformable (EDB, 294).
- ▶ Las catedrales de la ciencia (ANA, 341).
- ▶ La influencia de la relatividad en el pensamiento contemporáneo (ECI, 285-286).

- ▶ Algunas ideas populares erróneas acerca de Einstein (ECI, 286-287).
- ▶ La revolución relativista (Gamow, 1961 (2006), pp. 203-266). Advertencia: recomendable fragmentarlo y recomendar en función del interés. Ejemplo:
 - ◆ La velocidad de la luz en la Tierra en movimiento (Gamow, 1961 (2006), pp. 211-217).
 - ◆ La unión del espacio y del tiempo (Gamow, 1961 (2006), pp. 224-229).

7. Materiales y recursos didácticos

- http://www.phy.ntnu.edu.tw/oldjava/relativeVelocity/relativeVelocity_s.htm: *applet* ilustrativo del cambio en la descripción del movimiento de un cuerpo en función del sistema de referencia.
- http://galileoandeinstein.physics.virginia.edu/more_stuff/flashlets/mmexpt6.htm: simulación del experimento de Michelson y Morley. Advertencia: está en inglés.
- http://www.walter-fendt.de/ph14s/timedilation_s.htm: simulación de la dilatación temporal. Muy sencillo.
- <http://realtimerelativity.org/>: página que permite descargar un simulador con distintas experiencias relacionadas con la teoría de la relatividad
- <http://www.biografiasyvidas.com/monografia/einstein>: breve biografía de Einstein y descripción de su obra.
- <http://www.relatividad.org/bhole/relatividad.htm>: estudio sobre la relatividad.
- El universo mecánico:
 - ◆ Capítulo 41: El experimento de Michelson-Morley.
 - ◆ Capítulo 42: Las transformaciones de Lorentz.
 - ◆ Capítulo 43: Velocidad y tiempo.
 - ◆ Capítulo 44: Masa, momento y energía.

Unidad didáctica 14. Física cuántica

La física cuántica y la teoría de la relatividad suponen el fundamento de la revolución científico-técnica del siglo XX. A lo largo de esta unidad se estudiará: la incapacidad de la física clásica para explicar una serie de fenómenos, que obligó a la comunidad científica a replantearse las bases de las teorías mecánicas y electromagnéticas; los principios básicos de la nueva física cuántica; el cambio conceptual que supuso; y el importante campo de aplicaciones técnicas que abrió.

1. Objetivos

- Conocer los fenómenos más importantes que impulsaron la teoría cuántica, como el efecto fotoeléctrico, la radiación del cuerpo negro y los espectros discontinuos.
- Comprender las limitaciones de la física clásica para explicar dichos fenómenos.
- Enunciar e interpretar las sucesivas hipótesis cuánticas y sus implicaciones sobre la continuidad-discontinuidad de la materia, la energía y la radiación, diferenciando las hipótesis cuánticas de Planck y de Einstein.

- Realizar cálculos numéricos relacionados con la hipótesis cuántica y los distintos experimentos que impulsaron la teoría cuántica, como la radiación del cuerpo negro, o el efecto fotoeléctrico.
- Aplicar la hipótesis de Einstein sobre el comportamiento de los fotones en la caracterización del efecto fotoeléctrico.
- Razonar a partir de la hipótesis de De Broglie el significado de la dualidad onda-corpúsculo y realizar cálculos numéricos al respecto.
- Enunciar el principio de indeterminación de Heisenberg y utilizarlo para obtener resultados cuantitativos.
- Conocer el problema de la medida y la interpretación de Copenhague.
- Explicar el espectro óptico del hidrógeno desde el modelo semi-cuántico de Bohr y constatar sus limitaciones.
- Valorar el desarrollo científico y tecnológico que supuso la Física cuántica, ejemplificándolo con instrumentos como el láser o el microscopios.
- Analizar críticamente la revolución científica que supuso la física cuántica y sus consecuencias sobre la concepción de la propia ciencia y su capacidad de hacer predicciones deterministas sobre el futuro.

2. Contenidos

2.1. Conceptos

- ▶ El concepto de cuanto de Planck.
 - ◆ La catástrofe ultravioleta como problema motivador del concepto de cuanto.
 - ◆ Radiación del cuerpo negro.
- ▶ El concepto de cuanto de Einstein.
 - ◆ El efecto fotoeléctrico como problema motivador del concepto de cuanto.
 - ◆ Frecuencia umbral, trabajo de extracción, potencial de frenado.
- ▶ Insuficiencia de la física clásica para explicar el efecto fotoeléctrico y los espectros discontinuos.
 - ◆ Modelo atómico de Bohr.
 - ◆ Espectro atómico del hidrógeno y series de Lyman, Balmer, Paschen, etc.
- ▶ Hipótesis de De Broglie.
 - ◆ Longitud de onda de De Broglie.
 - ◆ Dualidad onda-corpúsculo.
- ▶ Relación de indeterminación.
 - ◆ Principio de incertidumbre de Heisenberg.
 - ◆ El problema de la medida.
 - ◆ Determinismo.
- ▶ Formulaciones de la mecánica cuántica.
- ▶ Aplicaciones tecnológicas de la física cuántica.
 - ◆ El láser, los microscopios electrónicos y la espectroscopía.

2.2. Procedimientos, destrezas y habilidades

- ▶ Utilización de las leyes experimentales deducibles teóricamente a partir de la hipótesis de Planck (Wien y Stefan-Boltzman) en la realización de cálculos cuantitativos relacionados con el cuerpo negro.
- ▶ Obtención de la longitud de onda, la frecuencia y la energía de un fotón.
- ▶ Descripción de las principales características del efecto fotoeléctrico.
- ▶ Comprobación de las características descritas para el efecto fotoeléctrico a través de un experimento simulado.
- ▶ Cálculos cuantitativos sobre el efecto fotoeléctrico a partir de las formulaciones de Einstein (entre ellos: frecuencia umbral, trabajo de extracción, potencial de frenado, velocidad y energía cinética de los electrones extraídos).
- ▶ Determinación de la longitud de onda de De Broglie de una partícula.
- ▶ Cálculo de incertidumbres en determinadas medidas simultáneas como consecuencia del principio de incertidumbre de Heisenberg.
- ▶ Explicación del espectro óptico del hidrógeno desde el modelo semi-cuántico de Bohr y cálculos de las energías, frecuencias y longitudes de onda de los fotones emitidos y absorbidos en un cambio de estado atómico.
- ▶ Lectura de textos relacionados con el desarrollo histórico de la ciencia y los debates que se suscitaron.
- ▶ Resolución de cuestiones teóricas sobre cualquiera de los aspectos anteriores.

2.3. Actitudes

- ▶ Valoración de la importancia de la física cuántica en el desarrollo científico y tecnológico de nuestra sociedad.
- ▶ Reflexión sobre las contribuciones de la física cuántica al debate sobre el estatus epistemológico de la ciencia.
- ▶ Apreciación de las mutuas aportaciones entre la Física como disciplina científica y otros campos del conocimiento como la filosofía o la sociología. Por ejemplo en relación al concepto de determinismo.

3. Criterios de evaluación

- Citar los experimentos más importantes que impulsaron la teoría cuántica y explicar por qué dieron lugar a la “crisis de la física clásica”, reconociendo las dificultades de la física clásica para explicar los resultados.
- Enunciar las sucesivas hipótesis cuánticas y sus implicaciones sobre la continuidad de la materia, la energía y la radiación, constatando las diferencias entre las hipótesis cuánticas de Planck y de Einstein.
- Resolver problemas numéricos relacionados con la hipótesis cuántica de Planck, la radiación del cuerpo negro y el efecto fotoeléctrico.
- Justificar las características del efecto fotoeléctrico aplicando la hipótesis de Einstein sobre el comportamiento de los fotones.
- Realizar cálculos numéricos sobre la hipótesis de De Broglie y razonar su utilidad a nivel atómico, pero no a nivel macroscópico.

- Enunciar el principio de indeterminación de Heisenberg y utilizarlo para obtener resultados cuantitativos, así como reflexionar sobre sus implicaciones sobre la visión determinista de la física.
- Exponer los elementos fundamentales del conocido como “el problema de la medida”, su resolución desde la interpretación de Copenhague y sus consecuencias sobre la concepción de la propia ciencia.
- Describir las principales características del espectro óptico del hidrógeno y explicarlas desde el modelo semi-cuántico de Bohr, constatando sus limitaciones y realizando cálculos numéricos al respecto.
- Valorar la contribución de la física cuántica al desarrollo científico y tecnológico, explicando su relación con el láser, diversos microscopios, espectroscopia, etc.
- Elaborar exposiciones coherentes sobre por qué la física cuántica supuso una revolución científica desde una posición personal y fundamentada en los contenidos de la unidad y referencias históricas.

4. Temas transversales

Se propone continuar con la “Física como Filosofía Natural” y abordar desde una perspectiva histórico-filosófica la revolución científica producida entre finales del siglo XIX e inicios del XX (véase: 4.1. Plan de actividades de la propuesta de innovación "Física como Filosofía Natural"). Las novedades de esta revolución científica no venían tanto de nuevas formulaciones matemáticas sino a cambios conceptuales profundos sobre la realidad. Por ello, es una buena unidad para profundizar en la relación entre la física y otros campos de conocimiento, no solo a nivel de las aplicaciones tecnológicas de la ciencia, sino en el propio planteamiento de los interrogantes.

5. Prácticas de laboratorio

Caracterización del efecto fotoeléctrico a partir de una simulación.

6. Lecturas complementarias

- ▶ La nanotecnología (VV, 289).
- ▶ Semiconductores y superconductores (EDB, 319).
- ▶ El láser: emisión estimulada de la luz (EDE, 263; ANA 285).
- ▶ Microscopio de efecto túnel y nanotecnología (ANA, 363).
- ▶ La ley de los cuantos (Gamow, 1961 (2006), pp. 267-343). Advertencia: recomendable fragmentarlo y recomendar en función de interés. Ejemplo:
 - ♦ La catástrofe ultravioleta (Gamow, 1961 (2006), pp. 286-294).
 - ♦ Relaciones de incertidumbre (Gamow, 1961 (2006), pp. 320-330).
- ▶ Universos cuánticos paralelos (Kaku, 2005, pp. 175-190)

7. Materiales y recursos didácticos

- <http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics/quantum-phenomena>: página con enlaces a distintos applets relacionados con fenómenos cuánticos, desde la emisión del cuerpo negro hasta el funcionamiento de los láseres.

- <http://phet.colorado.edu/es/simulation/photoelectric>: concreción de la página anterior para descargarse un applet del efecto fotoeléctrico, necesario para llevar a cabo la práctica-simulación correspondiente a esta unidad.
- <http://www.educaplus.org/play-83-Modelo-at%C3%B3mico-de-Bohr.html>: enlace a una página con un applet sencillo sobre el modelo atómico de Bohr y la absorción-emisión de fotones por parte del átomo de hidrógeno.
- http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/31/htm/sec_7.htm: información sobre las discrepancias entre Bohr y Einstein sobre el significado profundo de las teorías cuánticas.
- <http://www.madrimasd.org/blogs/quimicaysociedad/2010/10/04/131885>: información sobre Max Born y su interpretación de la mecánica cuántica.
- El universo mecánico:
 - ♦ Capítulo 49: El átomo.
 - ♦ Capítulo 50: Ondas y corpúsculos.

Unidad didáctica 15. Física nuclear y física de partículas

En esta unidad se profundizará en la explicación de la estructura atómica y de los procesos radiactivos, apoyándose en los dos grandes pilares de la física moderna, la teoría de la relatividad y la física cuántica. Se aprovecharán los contenidos de la unidad para enlazar con inquietudes reales de la sociedad actual (ejemplo: uso de la energía nuclear y de la radiactividad) tratando de dar una información completa que permita a los estudiantes sustituir prejuicios por argumentos científicos. Además, se introducirá al actual modelo estándar de partículas, que condensa gran parte del saber acumulado por la física, al tiempo que sigue siendo un tema de actualidad, como muestra la reciente concesión del premio Nobel en relación al bosón de Higgs.

1. Objetivos

- Conocer los orígenes que dieron lugar al descubrimiento del núcleo y las principales características de este relativas a su composición, tamaño y densidad.
- Comprender la estabilidad del núcleo desde el punto de vista energético y de las fuerzas que intervienen, relacionándola con la interacción nuclear fuerte.
- Aplicar la equivalencia masa-energía para determinar energías de enlace en el núcleo atómico.
- Aplicar las leyes de conservación del número atómico, del número másico y de la energía a los procesos relacionados con el núcleo atómico.
- Conocer el concepto de radiactividad nuclear y diferenciar los distintos tipos de desintegraciones radiactivas que existen y sus propiedades.
- Analizar y evaluar la energía asociada a un determinado proceso nuclear.
- Entender los mecanismos de las reacciones nucleares, analizando las partículas que intervienen.
- Conocer, comprender y aplicar las leyes de Soddy y Fajans a procesos nucleares.

- Manejar con soltura las leyes que rigen la cinética de las desintegraciones radiactivas y aplicarlas a estudios de datación y para comprender el problema de las emisiones y los residuos radiactivos.
- Distinguir y comprender los procesos de fisión y de fusión nuclear.
- Conocer y valorar críticamente las aplicaciones tecnológicas de la radiactividad y del uso de la energía nuclear, sopesando y conociendo riesgos y beneficios.
- Conocer y comprender el modelo estándar de partículas como la teoría actual que la física presenta para explicar la estructura de la materia.

2. Contenidos

2.1. Conceptos

- ▶ Descubrimiento del núcleo. Antecedentes.
 - ◆ Nucleidos. Isótopos, isótonos e isóbaros.
- ▶ Propiedades físicas del núcleo.
 - ◆ Tamaño y densidad.
 - ◆ Energía de enlace y estabilidad del núcleo.
 - ◆ Fuerzas nucleares.
- ▶ Desintegración radiactiva.
 - ◆ Descubrimiento de la radiactividad.
 - ◆ Clasificación. Desintegraciones alfa, beta y gamma. Propiedades y notación.
 - ◆ Detectores.
 - ◆ Ley de la desintegración de Elsted y Geitel.
 - ◆ Leyes del desplazamiento de Soddy, Fajans y Russell.
 - ◆ Conceptos estadísticos. Período de semidesintegración y vida media.
- ▶ Fisión y fusión nuclear.
- ▶ Aplicaciones de la radiación y los procesos nucleares.
 - ◆ Centrales nucleares. Energía nuclear.
 - ◆ Aplicaciones médicas.
 - Efectos biológicos. Dosis de radiación. Prevención de riesgos.
- ▶ Modelo estándar de partículas.
 - ◆ Interacciones fundamentales.
 - ◆ Partículas elementales y su clasificación.

2.2. Procedimientos, destrezas y habilidades

- ▶ Determinación de la energía de enlace por nucleón.
- ▶ Evaluación de la estabilidad de los núcleos.
- ▶ Conclusión de reacciones nucleares y series radiactivas incompletas, analizando las partículas que intervienen.
- ▶ Clasificación y descripción de distintos procesos de desintegración radiactiva.
- ▶ Realización de ejercicios y cuestiones sobre reacciones nucleares, en especial, los relacionados con el período de semidesintegración y la ley de desintegración.
- ▶ Descripción de aplicaciones prácticas de la física nuclear.

- ▶ Análisis e interpretación de las diversas transformaciones energéticas que se producen en un reactor nuclear, comparando la producción de energía mediante reactores nucleares y mediante otras formas de producción.
- ▶ Recopilación de información de distintas fuentes (prensa, revistas, etc.), acerca del uso de la radiactividad y de la energía nuclear en la sociedad actual.

2.3. Actitudes

- ▶ Discusión acerca del uso pacífico y al servicio de la sociedad de los descubrimientos de la física; en especial, los relacionados con la física nuclear.
- ▶ Distinción entre un conocimiento científico y su uso inadecuado.
- ▶ Valoración y respeto por las opiniones de otras personas, mostrando coherencia y reflexión en los juicios propios a fin de superar estereotipos y prejuicios.

3. Criterios de evaluación

- Explicar los hechos que desembocan en el descubrimiento del núcleo, reconocer sus características fundamentales y calcular radios y densidades.
- Analizar la estabilidad de varios núcleos evaluando la energía de enlace por nucleón.
- Calcular energías de enlace e interpretar los resultados.
- Completar reacciones nucleares, clasificarlas e interpretar sus mecanismos.
- Aplicar las leyes de conservación de los números atómico y másico a las reacciones nucleares y a los procesos radiactivos.
- Calcular la energía asociada a una reacción nuclear.
- Reconocer y clasificar los distintos tipos de radiactividad, las propiedades de la radiación emitida en cada caso y los detectores empleados para identificarlas.
- Utilizar las leyes de Soddy y Fajans en la resolución de ejercicios relacionados con procesos nucleares dados.
- Describir y distinguir los procesos de fisión y de fusión nuclear.
- Analizar ventajas e inconvenientes de distintas aplicaciones tecnológicas en las que intervengan los procesos nucleares.
- Aplicar las magnitudes características de los procesos radiactivos, las leyes del desplazamiento y de la desintegración a la resolución de cuestiones y problemas.
- Describir el modelo estándar de partículas, identificando las interacciones fundamentales y los distintos tipos de partículas, así como sus propiedades.

4. Temas transversales

Esta unidad da pie al tratamiento de la controversia entre la utilización o no de centrales nucleares (y otras aplicaciones tecnológicas de la física nuclear), profundizando, no tanto en la evaluación de ventajas e inconvenientes, sino en el papel que juega la desinformación en la opinión pública respecto a estos temas. Para ello, se debe recoger información de distintas fuentes, contrastarla con los conocimientos adquiridos en el desarrollo de la unidad y comparar con las propias preconcepciones.

5. Prácticas de laboratorio: No se realizarán en esta unidad.

6. Lecturas complementarias

- ▶ Aplicaciones de la radioactividad (VV, 317; EDB 336).
- ▶ El gran colisionador de hadrones (EDE, 289).
- ▶ La fusión «fría», ¿fraude o error experimental? (EVE, 358).
- ▶ Detección de la radiación (ANA, 393).
- ▶ Usos y efectos biológicos de la energía nuclear (EDX, 336).
- ▶ Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes (EDX, 337).
- ▶ Dosis física y dosis efectiva de radiación (ECI, 333).
- ▶ Radioactividad en la vida diaria (ECI, 334)
- ▶ El núcleo atómico y las partículas elementales (Gamow, 1961 (2006), pp.343-414). Advertencia: mejor fragmentarlo y recomendar según el interés. Ejemplo:
 - ◆ Descubrimiento de la radioactividad (Gamow, 1961 (2006), pp. 343-346).
 - ◆ La ley de la supervivencia (Gamow, 1961 (2006), pp. 349-352).

7. Materiales y recursos didácticos

- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/desintegracion/radio.htm>: explicación y applet ilustrativo sobre desintegración radiactiva.
- <http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>: distintas tablas de nucleidos y propiedades.
- <http://particleadventure.org/spanish/index.html>: repaso del modelo estándar de la física de partículas, incluyendo aclaración de algunos hitos experimentales.
- http://www.molypharma.es/esp/medicina_nuclear.html: descripción de aplicaciones médicas (terapéuticas o de diagnóstico) de la física nuclear.
- <http://www.sociedadelainformacion.com/departfqtobarra/nuclear/index.htm>
- http://web.educastur.princast.es/proyectos/jimena/pj_franciscga/TEMA15.HTM: este y el anterior son enlaces a páginas adaptadas a 2º de Bachillerato sobre física nuclear (comunidad de Castilla-La Mancha y Asturias, respectivamente).
- <http://www.foronuclear.org/>: Foro de la industria nuclear española.
- El universo mecánico:
 - ◆ Capítulo 51: De los átomos a los quarks.
 - ◆ Capítulo 52: El universo mecánico-cuántico.

7. EVALUACIÓN

7.1. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación permite medir el grado de consecución de los objetivos planteados y orientar y motivar al propio alumno. Para ello, es conveniente concretarla en criterios de evaluación que deben ajustarse al Decreto del currículo del Principado de Asturias:

1. Analizar situaciones y obtener y comunicar información sobre fenómenos físicos utilizando las estrategias básicas del trabajo científico, valorando las repercusiones sociales y medioambientales de la actividad científica con una perspectiva ética compatible con el desarrollo sostenible.

2. Valorar la importancia de la ley de la gravitación universal y aplicarla a la resolución de situaciones problemáticas de interés como la determinación de masas de cuerpos celestes, el tratamiento de la gravedad terrestre y el estudio de los movimientos de planetas y satélites.
3. Construir un modelo teórico que permita explicar las vibraciones de la materia y su propagación (ondas), aplicándolo a la interpretación de diversos fenómenos naturales y desarrollos tecnológicos.
4. Utilizar los modelos clásicos (corpúscular y ondulatorio) para explicar las distintas propiedades de la luz.
5. Usar los conceptos de campo eléctrico y magnético para superar las dificultades que plantea la interacción a distancia, calcular los campos creados por cargas y corrientes rectilíneas y las fuerzas que actúan sobre cargas y corrientes, así como justificar el fundamento de algunas aplicaciones prácticas.
6. Explicar la producción de corriente mediante variaciones del flujo magnético y algunos aspectos de la síntesis de Maxwell, como la predicción y producción de ondas electromagnéticas y la integración de la óptica en el electromagnetismo.
7. Utilizar los principios de la relatividad especial para explicar una serie de fenómenos: la dilatación del tiempo, la contracción de la longitud y la equivalencia masa-energía.
8. Conocer la revolución científico-tecnológica que tuvo su origen en la búsqueda de solución a los problemas planteados por los espectros continuos y discontinuos, el efecto fotoeléctrico, etc., y que dio lugar a la Física cuántica y a nuevas y notables tecnologías.
9. Aplicar la equivalencia masa-energía para explicar la energía de enlace de los núcleos y su estabilidad, las reacciones nucleares, la radiactividad y sus múltiples aplicaciones y repercusiones.

7.2. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

La evaluación, constará de tres fases:

- **Evaluación inicial o diagnóstica**: se realizará en una de las primeras sesiones del curso, a fin de obtener información sobre el nivel de conocimientos previos de los alumnos y adaptar el desarrollo posterior de las clases.
- **Evaluación continua o formativa**: para valorar los progresos del alumno a lo largo del curso se combinarán diferentes actividades, entre las que se cuentan:
 - ♦ Control de la asistencia y de la participación a través de una tabla de doble entrada (alumno-día).
 - ♦ Series de problemas y cuestiones de cada unidad didáctica, recopilados por el profesor, incluyendo una colección de problemas de las pruebas PAU a fin de que los estudiantes se familiaricen con ese tipo de ejercicios. Se tendrán que entregar una semana después de la última sesión de la correspondiente unidad.

- ♦ Informes de prácticas de laboratorio, entre los que deben estar como mínimo aquellos informes referentes a las prácticas obligatorias para la PAU. Se entregarán junto a las series de ejercicios, en las unidades pertinentes.
- ♦ Trabajo escrito sobre temas transversales, dentro de la propuesta de innovación. La fecha límite de entrega será el día anterior a la prueba de evaluación final.
- ♦ Prueba escrita de cada uno de los bloques, constituida por problemas y cuestiones sobre todas las unidades didácticas del bloque. Se realizará al finalizar la última unidad de cada bloque.
- ♦ Series de problemas y cuestiones de ampliación y lecturas de ampliación.
- ♦ Series de problemas y cuestiones de recuperación.
- **Evaluación final:** como complemento a la evaluación continua, repaso de todos los contenidos del curso y preparación para la PAU.

7.3. CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

La nota de cada una de las evaluaciones se corresponderá con un único valor numérico (sobre 10), obtenido como media ponderada de las calificaciones de cada una de los diferentes instrumentos de evaluación aplicados hasta la fecha:

Instrumento de evaluación	Peso en la nota (%)
Asistencia y participación	5
Series de problemas de cada unidad	25
Informes de prácticas	10
Prueba escrita de cada bloque	60
Series de problemas y lecturas de ampliación¹	+10
Series de problemas de recuperación²	+10

¹ Se corresponde con una puntuación extra, aplicable únicamente a los alumnos que en la prueba escrita de cada bloque obtengan una calificación de 5 o superior. La calificación máxima a obtener por este procedimiento es de un 10

² Se corresponde con una puntuación extra, aplicable únicamente a los alumnos que en la prueba escrita de cada bloque obtengan una calificación inferior a 5. La calificación máxima a obtener por este procedimiento es de un 5.

Para que los alumnos superen cada una de las evaluaciones, es necesario que obtengan, como mínimo, un 5 (tras aplicar las oportunas modificaciones debidas a las series de problemas de recuperación y ampliación).

No se realizará prueba de recuperación de cada una de las evaluaciones, sino que se dará la oportunidad de mejorar sus calificaciones a través de las series de problemas.

La calificación final de la materia se obtendrá como media ponderada entre la calificación de la evaluación correspondiente al tercer trimestre (al calificar teniendo en cuenta todas las actividades entregadas hasta la fecha, coincide con la nota ya modificada de todas las evaluaciones anteriores), una prueba escrita tipo PAU (la prueba de evaluación final) y un trabajo escrito en relación a contenidos transversales.

Instrumento de evaluación	Peso en la nota (%)
Calificación del tercer trimestre	75
Prueba escrita tipo PAU	20
Trabajo contenidos transversales	5

Aquellos estudiantes que al final de curso no obtengan una calificación de 5 o superior, tendrán la calificación de suspenso en la materia y deberán presentarse a la prueba extraordinaria de junio.

Alumnos a los que no sea aplicable la evaluación continua

Los alumnos que por causa debidamente justificada no puedan asistir con normalidad al aula recibirán el apoyo necesario por parte del Departamento. Se ofrecerá la posibilidad de realizar ejercicios complementarios y pruebas adaptadas a las circunstancias concretas, para que puedan incorporarse a la marcha normal del curso o superar las dificultades con las que se encuentren.

Alumnos con una materia pendiente en la evaluación final ordinaria o extraordinaria

En la evaluación final de los alumnos de 2º de Bachillerato, se tendrá en cuenta para su calificación la actitud, capacidad para trabajar en equipo y de forma autónoma, capacidad comunicativa, manejo de fuentes de información, etc. siempre y cuando el estudiante no haya abandonado la asignatura (definido en función de la asistencia regular a clase).

Prueba extraordinaria de junio

La calificación de la prueba extraordinaria de junio será nuevamente única y sobre 10. En este caso se obtendrá como la media ponderada de una prueba escrita similar a la prueba de evaluación final y una serie de problemas y cuestiones sobre los contenidos de toda la materia (a entregar el día de la prueba escrita).

Instrumento de evaluación	Peso en la nota (%)
Serie de problemas	20
Prueba escrita tipo PAU	80

Plan de Trabajo para la Recuperación de los alumnos de 2º de Bachillerato con la Física y Química de 1º pendiente

Se elaborará un plan de trabajo adaptado a las necesidades concretas de cada estudiante y consensuado con el mismo (en la medida de lo posible). Dicho plan constará de al menos los siguientes puntos:

- Refuerzo de los contenidos básicos de la asignatura mediante el estudio de conceptos y la realización de ejercicios que luego serán supervisados.

- Temporalización de reuniones con los estudiantes en las que revisar los ejercicios propuestos y repasar y explicar los aspectos en los que el estudiante muestra dificultades de aprendizaje.
- Temporalización de las pruebas escritas necesarias para comprobar la superación de los objetivos propuestos.

Como en el resto de casos, la materia estará aprobada si se obtiene, al menos, un 5 en dichas pruebas escritas.

8. BIBLIOGRAFÍA GENERAL Y RECURSOS DIDÁCTICOS

8.1. LIBRO DE TEXTO ADOPTADO

Por su ajuste a los contenidos del currículo oficial del Principado de Asturias, se ha elegido como guía principal para el alumno el siguiente libro de texto:

- [SAN] Fernández, M.C. (2009) Física: 2º de Bachillerato. Santillana.

8.2. LIBROS DE TEXTO DEL RESTO DE EDITORIALES

Como en el caso anterior, se indica una referencia abreviada entre corchetes, para identificar algunos recursos específicos dentro de la programación didáctica.

- [ANA] Zubiaurre, S., Arsuaga, J.M., Moreno, J y Gálvez, F. (2009). Física 2º de Bachillerato. Anaya.
- [BRU] Gisbert, M. Y Hernández, J.L. (2009). Física 2º de Bachillerato. Bruño.
- [CAS] Marín, A., Pfeiffer, N. y Travesset, A. (2009) Física 2º de Bachillerato. Casals.
- [ECI] Lorente, S., Sendra, F., Enciso, E., Quílez, J. y Romero, J. (2009). Éter, Física 2º de Bachillerato. Ecir.
- [EDB] Armero, J., Basarte, J.F., Castello, D.J., García, T. y Martínez de Munguía, M.J. (2009). Física 2º de Bachillerato. Edebé.
- [EDE] Martín, J.L. y Martín, E. (2009). Física 2º de Bachillerato. Edelvives.
- [EDX] Barrio, J., Andrés, D.M. y Antón, J.L. (2009). Física 2º de Bachillerato. Editex.
- [EVE] Fidalgo, J.A. y Fernández, M.R. (2009) Física 2º de Bachillerato. Everest.
- [MGH] Ruíz, F.J. y Tarín, F. (2009). Física 2º de Bachillerato. McGraw-Hill.
- [OXF] Barrio, J. (2009) Física: 2º de Bachillerato. Oxford.
- [SM] Puente, J. Romo, N., Pérez, M. y De Dios, J. (2009) Física 2º de Bachillerato. SM.
- [VV] Martínez de Munguía, M.J. (2009). Física 2º de Bachillerato. Vicens Vives.

8.3. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Libros de carácter divulgativo

- Abbott, E.A. [1884 (2010)]. Planilandia. Laertes.
- Gamow, G. [1961 (2006) (2006)]. Biografía de la Física. Alianza editorial.

- Holton, G (1987). Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas. Reverte.
- Lozano, M. (2005). De Arquímedes a Einstein: los diez experimentos más bellos de la física. Debate.
- Michio, K. (2005). Universos paralelos. Atalanta. ISBN 978-84-935763-3-2.

Libros de Física general, desde diversas perspectivas

- Cromer, A. H. (1996). Física para las ciencias de la vida. Reverté.
- Cromer, A. H. (2006). Física en la ciencia y en la industria. Reverté.
- Hecht, E. (1987). Física en perspectiva. Addison-Wesley Iberoamericana.
- Hewitt, P. G. (2004). Física conceptual. Pearson Educación.
- Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D. y Freedman, R. Q. (2009). Física universitaria. Addison-Wesley.
- Serway-Jewett, (2005). Física para ciencias e ingeniería.
- Tipler, P. A. y Mosca, G. (2010). Física. Reverté. 6ª Edición.

8.4. MATERIAL AUDIOVISUAL Y RECURSOS EN INTERNET

- El Universo Mecánico (ARAIT MULTIMEDIA): Los vídeos de esta colección están disponibles para su visualización, en forma de “cortes” de 5 minutos, en la siguiente página web: <http://www.acienciasgalilei.com/videos/video0.htm#up>
- <http://ocw.innova.uned.es/fisicas/>
- <http://web.educastur.princast.es/proyectos/fisquiweb/index.htm>
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>
- <http://www.iesnicolascopernico.org/LAMP/>
- <http://www.mip.berkeley.edu/physics/noteindex.html>
- <http://www.testeando.es/asignatura.asp?idC=12&idA=44>
- http://www.mhe.es/bachillerato/fisica_quimica/844817027X/archivos/media/esp/enlaces.html
- <http://walter-fendt.de/>

3ª PARTE

PROPUESTA DE INNOVACIÓN

1. DIAGNÓSTICO INICIAL

1.1. ÁMBITOS DE MEJORA DETECTADOS

La propuesta de innovación “La Física como Filosofía Natural”, introducida en la 1ª Parte de este trabajo, tiene su punto de partida las observaciones realizadas durante las prácticas en el IES Montevil. Así, complementando lo recogido en esa breve introducción, se hacen constar una serie de ámbitos de mejora detectados:

- El alumnado no tiene una comprensión adecuada de las diferencias entre hipótesis, leyes y teorías científicas, los rasgos del método científico o el estatus epistemológico de las observaciones y las evidencias empíricas. Esto se refleja en que muchos de ellos presentan una visión marcadamente inductivista de la ciencia. Puesto que *la comprensión del método científico* es parte del currículo, debiera concedérsele la importancia que le corresponde.
- La separación en modalidades es interiorizada por el alumnado, acentuando la distinción entre “*ciencias*” y “*letras*” que en los casos más extremos se consideran como incompatibles o, incluso, excluyentes. Así, en las aulas de la modalidad científico-tecnológica se escuchan comentarios como “¿por qué nosotros estamos obligados a estudiar lengua y filosofía y los de letras no tienen que saber física?”.
- La distinción comentada no supone un grave problema para los estudiantes que afrontan la asignatura de Física como orientada hacia los problemas, pero sí repercute negativamente en la motivación de aquellos con una inquietud más global por el conocimiento, que podría verse reforzada por un tratamiento más abierto de la asignatura. Una posibilidad es precisamente el *tratamiento de problemas metafísicos desde las contribuciones científicas* a esos debates, que contribuya a “humanizar” las ciencias.

Un factor destacado a la hora de decantarse por una innovación de estas características fue la constatación de que, a otros niveles relacionados con la docencia de la materia (integración de las TIC, coordinación intra-departamental, realización de prácticas de laboratorio motivadoras y diversificadas, etc.), el Departamento de Física y Química del IES Montevil demostraba una larga trayectoria y un buen funcionamiento. Sin embargo, la relación de la Física con otras materias de carácter no científico estaba menos trabajado y daba pie a desarrollar la presente innovación a fin de optimizar el trabajo conjunto del Departamento.

1.2. CONTEXTO DE LA INNOVACIÓN

La propuesta de innovación se plantea dentro del centro de prácticas como parte de la programación presentada, por lo que el contexto de la innovación será el mismo y puede consultarse en los apartados 1. Descripción general del centro de referencia (1ª Parte) y 2. Contexto (2ª Parte).

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que para la planificación y puesta en práctica de la innovación es necesaria la colaboración con el Departamento de Filosofía. Durante la estancia en el IES Montevil, se planteó esta posibilidad y, no solo no hubo ningún impedimento, sino que se pudo ensayar la innovación en dos grupos de 2º de Bachillerato (completos y no solo con el alumnado de la optativa de Física) en el horario de la materia Historia de la Filosofía² (más desahogada en su temporalización en

² La innovación descrita en este trabajo abarca toda la programación, por lo que evidentemente no se pudo implementar completamente durante el periodo de prácticas. En su lugar, se abordaron los

aquel momento). Esa experiencia ha servido como fuente de nuevas ideas de cara al desarrollo y perfeccionamiento de la innovación.

2. OBJETIVOS

La innovación se plantea con dos objetivos generales (uno académico y otro actitudinal) que pueden descomponerse en varios objetivos específicos:

1. Ampliar la comprensión del alumnado respecto a la Física desde la perspectiva de la naturaleza de la ciencia y, especialmente, de su vinculación con la filosofía.

- a. Promover y asumir la conexión entre las distintas áreas de conocimiento, a través de actividades y exposiciones que conecten la Física con otras disciplinas (Filosofía, Historia, Sociología, Tecnología, etc.) ayudando a verlas como un conjunto coherente y no como compartimentos estancos u opuestos.
- b. Poner de manifiesto las concepciones (explícitas o no) sobre epistemología del alumnado y contrastarlas con las visiones actualmente más aceptadas, resaltando tanto las virtudes como las incoherencias de cada una de las posturas y contrastando su validez con el desarrollo histórico de diversas teorías científicas.
- c. Valorar críticamente las consecuencias que se desprenden de cada modelo en relación con el desarrollo de la ciencia, su aprendizaje y su estatus.
- d. Favorecer el reconocimiento y el debate en torno a algunos de los problemas metafísicos que han preocupado tanto a físicos como a filósofos (el tiempo, la existencia del vacío, la libertad, etc.), reconociendo las aportaciones y limitaciones de ambas perspectivas.

2. Aumentar el interés del alumnado por la asignatura

- a. Comprometer al alumnado con las tareas realizadas, a través de la realización de un trabajo autónomo.
- b. Apreciar la importancia de algunos descubrimientos científicos en la reformulación de alguna de las preguntas fundamentales en la historia de la humanidad (Ej. ¿Somos libres? ¿Existe el tiempo? ¿Por qué las cosas son como son y no de otra forma?).
- c. Fomentar un clima de debate, de reflexión y de participación en la clase, frente a la tradicional clase expositiva y/o centrada en la resolución de ejercicios.

3. JUSTIFICACIÓN Y MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA

Las consecuencias positivas o negativas de incluir la Naturaleza de la Ciencia, y en concreto la filosofía de la Física, en el proceso de enseñanza-aprendizaje ha sido uno de los tópicos principales para la didáctica de las ciencias que, en la mayoría de la

contenidos referentes únicamente a uno de los Bloques de la innovación: El Tiempo (en el contexto del Bloque de Vibraciones y Ondas de la materia de Física)

bibliografía, se encuentra asociado a la utilización de un enfoque histórico de la disciplina. Puesto que la propuesta de innovación se asienta precisamente en la utilización de una perspectiva histórico-filosófica, la resolución del debate sobre la pertinencia de dicho enfoque no carece de importancia.

Los defensores de la historia de la ciencia como recurso didáctico aseguran que mejora la enseñanza de las ciencias porque humaniza los contenidos al integrarlos como una faceta más de nuestra cultura, al tiempo que mejora la comprensión de los conceptos científicos presentándolos junto a su desarrollo y perfeccionamiento. Por todo ello se sostiene que la historia de la ciencia supone un elemento motivador para la mayoría de estudiantes, además de aportar episodios cruciales en la historia (como las revoluciones científicas) con un valor intrínseco (Matthews, 1994).

La explicación de la física desde un enfoque histórico-filosófico pone de manifiesto la complejidad del progreso científico, con sus avances y retrocesos, sus contradicciones y su dependencia del marco de referencia en el que tuvo lugar. Esta visión combate la ingenua (o interesada) perspectiva de la mayoría de los libros de texto que presentan el desarrollo científico como lineal, acumulativo e inexorable hacia las teorías actuales. De esta manera, combate la ideología científicista mostrando que la ciencia es una explicación de la realidad y no la realidad en sí misma, por lo que es necesariamente revisable y cambiante. En consecuencia, da al estudiante las herramientas necesarias para formarse una imagen más fiel y analizar críticamente dos mitos de nuestra cultura: el “método científico” y el “progreso científico” (Navarro, 1997)

Queda patente en este discurso que el objetivo no es simplemente facilitar la transmisión de los mismos contenidos de carácter científico, sino enriquecerlos con la perspectiva histórica, epistemológica y social. A tal efecto pueden resultar esclarecedoras las palabras Ernst Mach (1883):

“Aquellos que conocen el curso completo del desarrollo de la ciencia podrán, como una consecuencia inmediata, juzgar más libremente y más correctamente el significado de cualquier movimiento actual que aquellos que, limitados en sus puntos de vista a la época en que transcurren sus propias vidas, contemplan meramente la tendencia momentánea que el curso de los sucesos intelectuales toma en el instante presente.”

Aunque la dependencia directa entre filosofía de la ciencia e historia de la ciencia ha sido puesta en tela de juicio por algunos autores (Iranzo, 2005), en los párrafos anteriores se va desvelando la importancia concedida a las concepciones sobre la propia ciencia, su desarrollo y su influencia. En el ámbito de la educación, historia y filosofía de las ciencias han tendido a converger como consecuencia de la defensa de Piaget de la epistemología genética, cuya hipótesis fundamental es que existe un paralelismo entre el progreso realizado en la organización lógica y racional del pensamiento y los procesos psicológicos formativos del alumnado (Piaget, 1970). En esa misma línea Kitcher (1988) sostiene que los psicólogos evolutivos pueden profundizar en los avances de los

niños estudiando los cambios ocurridos en la historia de la ciencia; y, complementariamente, los historiadores y filósofos de la ciencia pueden aprender de avances de los psicólogos infantiles y preguntarse si las concepciones intuitivas o “de sentido común” de los estudiantes son comparables a las primeras fases del desarrollo del conocimiento científico en los diferentes dominios. (Matthews, 1994).

El interés por la filosofía de la ciencia se incrementa al constatar que, al igual que el alumnado, los futuros docentes (y muchos de los que están hoy en servicio) poseen ya una serie de concepciones y hábitos “de sentido común” como consecuencia de la influencia ambiental que sufrieron cuando eran alumnos y que, por ser asimilada acríticamente, puede constituir un obstáculo (Gil, 1994). El problema se hace evidente si se tiene en cuenta que esas preconcepciones contrastan seriamente tanto con las visiones actuales sobre epistemología, más próxima al anarquismo metodológico; como con las aportaciones de la investigación en didáctica de las ciencias, incorporadas por los diseñadores de currículos (Sanchez-Ron, 1988). En consecuencia, se debe tomar conciencia de la necesidad de combatir la epistemología “espontánea” del profesorado por el potencial bloqueo de los intentos de renovación de la enseñanza de las ciencias que puede producir (Bell y Pearson, 1992). Sin intención de exhaustividad se recogen a continuación algunas de las visiones deformadas más frecuentes entre el alumnado y el profesorado (muchas de ellas interrelacionadas) constatadas por diversos autores (Gil, 1993; Fernández et al., 2002): Visión empiroinductivista, ateórica; Visión rígida (algorítmica, exacta, infalible...); Visión aproblemática y ahistórica (ergo dogmática y cerrada); Visión exclusivamente analítica; Visión acumulativa, de crecimiento lineal; Visión individualista y elitista; y Visión socialmente descontextualizada.

Desde la didáctica de las ciencias se propone corregir (o cuanto menos, ampliar) esas visiones reduccionistas de docentes y alumnos no solo desde la presentación explícita de las características de la actividad científica, sino también desde una ejemplificación histórica de las controversias originadas en la construcción del conocimiento científico (Carmona et al., 2011).

Sin embargo, no todo el mundo se ha mostrado tan optimista respecto al papel de la historia y la filosofía en la didáctica de las ciencias. Ese enfoque ha tenido que enfrentar duras críticas, especialmente en las décadas de los 70 y 80, provenientes de dos frentes: el histórico y el didáctico-epistemológico.

Desde los departamentos de historia se dice que la única historia posible en un curso de ciencias es pseudohistoria, poniendo en tela de juicio la capacidad de los físicos para afrontar con éxito la historia de su propia disciplina. Para Klein (1972), uno de los principales autores que desarrollan este argumento, una de las grandes dificultades de aunar los esfuerzos de los historiadores y los profesores de la física es la divergencia de ambas perspectivas. Mientras que el historiador aspira a una rica complejidad de hechos, el físico busca una visión simple y precisa que ayude a sus alumnos a comprender las visiones actuales de la materia. Para esto último selecciona,

organiza y presenta materiales históricos de una manera anti-histórica corriendo el riesgo de cometer una injusticia con la historia, con la física o con ambas.

Una de las manipulaciones de la historia más criticadas es la conocida como “historia Whig”, entendida en este contexto como el relato por parte de los científicos actuales “en posesión de la victoria científica” de los acontecimientos y debates históricos de forma tal que su triunfo se presente como una consecuencia inevitable de la lógica y justicia de sus causas (Alder, 2006).

Para evitar esa manipulación o pseudohistoria, que conduce a distorsiones en la percepción de la propia ciencia, habría que recurrir a una historia rigurosa (lo que no quiere decir “no simplificada”), que también ha sido duramente criticada desde los campos de la didáctica y de la epistemología por debilitar las convicciones científicas necesarias para conseguir con éxito el aprendizaje de las ciencias. Esta corriente, impulsada por Kuhn (1970), defiende la virtud de una enseñanza conformista de la ciencia donde la historia sea distorsionada para que el aprendiz de científico se sienta parte de una tradición de búsqueda exitosa de la verdad. Brush (1974) sugiere, en la misma línea, que la historia de la ciencia podría ejercer una mala influencia sobre los estudiantes, socavando su confianza en el dogma científico y reduciendo su entusiasmo.

Llegados a este punto parece necesario elegir entre el rigor histórico y la confianza del alumnado en la disciplina. Algunos autores, como Sánchez-Ron (1988), proponen decantarse por una u otra opción en función de los objetivos y características de cada etapa educativa.

En general se reconoce la seriedad de las objeciones planteadas contra la inclusión de la Naturaleza de la Ciencia en los cursos universitarios, pero se matiza que esas críticas pierden gran parte de su peso al aplicarlas al bachillerato, etapa en la que el grado de especialización y rigor exigidos se supone menor. En educación, como en la mayor parte de las cosas, la materia necesita ser frecuentemente simplificada, pero eso no tiene por qué suponer un golpe concluyente contra ella (¿o se insinúa que el resto de materias no son simplificadas al nivel del alumnado?). La tarea pedagógica es presentar una concepción simplificada de la historia de la ciencia que ilustre la materia y refleje la complejidad de lo que se conoce como “método científico” y “desarrollo científico”, adecuándose a la edad del grupo al que va dirigida sin caricaturizar el proceso científico (Matthews, 1994). Al mismo tiempo, se ha defendido que no hay evidencia de que tales aproximaciones hayan disminuido el conocimiento científico, utilizando como contraejemplo el éxito del Harvard Project Physics, que parece demostrar que una buena educación científica es, de hecho, posible sin adoctrinamiento (Siegel, 1979).

Esta orientación se ha tratado de implementar ya en las reformas curriculares de la ciencia escolar, emprendidas por algunos países durante la última década del siglo XX y años posteriores. En el caso de España, la Ley Orgánica de Educación presenta unos currículos de ciencias que (con todos sus defectos) muestra un cierto interés en esta línea a través de los denominados contenidos comunes, la competencia en el

conocimiento y la interacción con el mundo físico y diversos objetivos y pinceladas en los contenidos sobre cuestiones históricas y filosóficas (Carmona et al., 2011). El problema fundamental sigue siendo que los nuevos objetivos curriculares no provocan cambios significativos en los temas de los programas de estudio que permitan tener más tiempo para los enfoques más transversales. En esa situación parece poco plausible que un programa de estudio tradicional, cargado de temas y difícilmente viable en el aula, se pueda complementar de forma útil y eficiente añadiéndole aún más contenidos (Slisko, 2008). Sea como fuere, la realidad actual es que la naturaleza de las ciencias aún no ha calado en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en el día a día de la educación secundaria (Lederman, 2006).

Se ha hecho referencia de forma intencionada al término de Naturaleza de las Ciencias y, no exclusivamente a la historia o la filosofía de la ciencia, porque actualmente en el ámbito educativo este paradigma parece estar cogiendo fuerza presentándose como el heredero del movimiento CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), cuya componente esencial es la extensión de la “alfabetización científica” desde la enseñanza de ciencia (contenidos de conocimientos y procesos) hacia la enseñanza sobre ciencia (Hodson, 2008; Carmona et al., 2011). La filosofía de la ciencia, cuyo uso didáctico se defiende, podría entonces cobrar pleno sentido si forma parte de un conjunto complejo que aglutina una diversidad de aspectos relacionados con diferentes disciplinas como la tecnología, la sociología y la historia de la ciencia, entre otras (Vázquez et al., 2001).

Los esfuerzos realizados por renovar la enseñanza de las ciencias desde este paradigma se han encontrado con problemas similares a los comentados anteriormente en relación a las preconcepciones epistémicas del profesorado en servicio. Como ya se mencionó, se ha estudiado y constatado la incongruencia permanente entre la retórica de la reforma de los currículos de la educación científica y la práctica docente real en las aulas (Hipkins et al., 2005). Este hecho parece haber conducido a que, en gran parte de la bibliografía consultada (Sánchez-Ron, 1988; Matthews, 1994; Navarro, 1997; Fernández et al. 2002; Carmona et al. 2011), se considere que el éxito o fracaso de todo intento de introducir la Naturaleza de las Ciencias como parte integrante y fundamental del currículo de ciencias depende de la formación (y voluntad) del propio profesorado que los imparte. Así, las esperanzas se orientan a la introducción de cursos sobre historia y filosofía de la ciencia, dirigidos tanto al profesor de ciencias en formación como al que está en ejercicio profesional.

La propuesta de innovación planteada trata de trasladar a la educación secundaria el interés por la Naturaleza de las Ciencias sin que ello suponga una modificación ni una sobrecarga al currículo impuesto por la legislación.

4. DESARROLLO DE LA INNOVACIÓN

4.1. PLAN DE ACTIVIDADES

La idea es abordar de forma conjunta desde las asignaturas de Física e Historia de la Filosofía aquellos puntos que tienen en común, que pueden resultar interesantes para el alumnado y que sean pertinentes de suscitar un debate en la clase a partir de reflexiones personales. Se ha optado por hacer este tratamiento en varias sesiones a lo largo de todo el curso y no comprimirlo en una o varias semanas de tratamiento intensivo del tema dejando el resto de la programación intacta. Los motivos fundamentales son dos: el primero de carácter normativo, pues no se podría modificar el currículo para añadir contenidos explícitos de filosofía de la ciencia, sino que actualmente deben ser tratados transversalmente; y el segundo de carácter pedagógico, para evitar que el alumnado perciba la metafísica y la epistemología como bloques aislados tanto de la física como de la filosofía, que es precisamente lo que tratamos de evitar con la propuesta.

Asegurarse la continuidad requeriría que en ambas asignaturas se fueran viendo los puntos en que entran en contacto a medida que se avanza en el temario pero, siendo realistas, esto suele resultar difícil si no existe una planificación previa de cómo, en qué medida y cuándo se tratarán esos “puntos de contacto”. Por ello se opta por planificar de forma explícita sesiones a tal efecto, ligadas a cada uno de los bloques de contenidos de la asignatura de Física, en las que se traten aspectos relevantes y comunes sobre metafísica y epistemología.

¿Cómo se distribuirían esas sesiones? A lo largo de cada bloque de contenidos se coordinarían los departamentos de Física e Historia de la Filosofía para, en una misma semana, emplear una de sus horas lectivas en el desarrollo de la innovación como parte de los temas transversales de una de las unidades más próximas al tema abordado. Para asegurar la adecuada coordinación y la disponibilidad del profesorado implicado, se organizaría una sesión inicial a tal efecto, otra reunión trimestral y otra, a finales de curso, para la evaluación.

Cada uno de los aspectos a desarrollar, especificará:

- **Bloque en el que se desarrolla.** (*Mes en el que se espera exponer en clase, dejando margen de maniobra para poder ajustar ambas materias*). Contenidos del currículo oficial que dan pie a la innovación (obviando los transversales referentes al conocimiento del método científico):
 - Metafísica [Unidad Didáctica (UD) en la que se abordará como tema transversal]: especificando las cuestiones que, aunque serán tratadas fundamentalmente en la sesión correspondiente a Historia de la Filosofía, se comentarán también desde la materia de Física con la intención de aportar una visión más plural del tema y así evitar sesgos en la medida de lo posible.
 - Epistemología (UD en la que se abordará como tema transversal): tratamiento de las distintas posturas filosóficas respecto al método y desarrollo científicos,

en un orden lo más coherente posible y utilizando, siempre que sea posible, algún ejemplo histórico (o algún experimento) que apoye cada una de las visiones. Se tratará fundamentalmente desde la sesión correspondiente a Física, pero, igual que ocurriría con la metafísica, se espera complementar con la visión del otro departamento colaborador.

Siguiendo ese esquema se recogen los contenidos a tratar:

- **Bloque 1. Interacción Gravitatoria.** (*Octubre*). Partiendo de las contribuciones de Galileo y Newton se abordará:
 - Metafísica (UD 2. La ley de gravitación universal): el problema de los Universales. Correspondencia entre la realidad y la descripción de la realidad. La idealización y la descripción de la ciencia física de los fenómenos.
 - Epistemología (UD 2. La ley de gravitación universal): inductivismo. La observación como fuente confiable de leyes científicas. Dependencia mutua entre experimento y teoría. La interpretación habitual del método científico.
- **Bloque 2. Interacción electromagnética.** (*Diciembre*). Desde el marco histórico y teórico aportado por las experiencias de Oersted, Faraday y Henry y la unificación electromagnética de Maxwell (apoyada por los posteriores descubrimientos de Herz de las ondas electromagnéticas) se plantearán cuestiones sobre:
 - Metafísica (UD 6. Inducción electromagnética): las leyes naturales. ¿Por qué la naturaleza debiera seguir leyes? ¿Por qué esas leyes y no otras? Las leyes como regularidades y como representación de potencias.
 - Epistemología (UD 6. Inducción electromagnética): falsacionismo. Límites del inductivismo. La evolución científica a partir de la falsación de hipótesis probables y la confirmación de hipótesis improbables.
- **Bloque 3. Vibraciones y ondas.** (*Febrero*). Utilización del experimento del péndulo para constatar la dificultad de determinar el tiempo de forma absoluta en procesos estables. Reflexión sobre los experimentos correspondientes a este bloque (resorte elástico, péndulo simple, ondas estacionarias -cubeta de ondas o cuerdas vibrantes- y determinación de la velocidad del sonido) y su dependencia o independencia de una teoría específica. A partir de esto tratar:
 - Metafísica (UD 7. Movimiento vibratorio armónico simple): el tiempo. La necesidad del tiempo en las descripciones físicas. El tiempo en un universo estático. La instantaneidad.
 - Epistemología (UD 7. Movimiento vibratorio armónico simple): bayesianismo y nuevo experimentalismo. Limitaciones del falsacionismo. El punto de vista bayesiano sobre la influencia de falsaciones y confirmaciones en el apoyo o rechazo a una teoría. El experimento independiente de la teoría y que la sobrevive.
- **Bloque 4. Óptica.** (*Abril*). Se explicará la controversia histórica sobre la naturaleza de la luz entre los modelos corpuscular y ondulatorio y su conexión con cuestiones sobre:

- Metafísica (UD 13. Física relativista. Se ha desplazado al bloque siguiente, para poder abordar el tema incluyendo las contribuciones de la relatividad especial al debate): el Vacío. Los modelos mecanicistas y el problema de la acción a distancia en física. Concepciones sobre la interacción a distancia entre partículas y su relación con el espacio y, en concreto, con el éter y el vacío.
- Epistemología (UD 11. Naturaleza de la luz): revolucionismo. Los paradigmas de Kuhn y los programas de investigación de Lakatos. La dificultad de un modelo para imponerse sobre otro y reflexión acerca de su supervivencia a pesar de las falsaciones que experimentó cada uno. Análisis sobre los criterios que dieron lugar a su superación.
- **Bloque 5. Introducción a la Física moderna.** (*Mayo*). Constatación de la crisis de la física clásica e introducción al concepto de probabilidad cuántica (y breve mención a las consecuencias de la Relatividad General en el campo de la cosmología), que permita situar en contexto la reapertura del debate sobre:
 - Metafísica (UD 14. Física cuántica): el determinismo. Las fronteras físicas al determinismo: el caos, el azar y el problema de la medida.
 - Epistemología (UD 14. Física cuántica): el anarquismo metodológico. Revisión de los modelos epistemológicos y su contrastación histórica desde las visiones relativistas.

Tal y como se ha descrito en el apartado 4. Metodología de la programación, la propuesta de innovación (que desarrolla las características del método científico, su desarrollo y la evolución de ambos conceptos) es el hilo conductor para los contenidos transversales de la materia, que se completarán con cuestiones como: las motivaciones que deben impulsar la investigación científica, el papel del cine en la transmisión y/o deformación del conocimiento científico y los posibles riesgos de las aplicaciones tecnológicas de la ciencia (como el debate sobre el uso de la energía nuclear).

4.2. AGENTES IMPLICADOS

La propuesta de innovación se ha programado para su implementación en el grupo de alumnos que cursan la optativa de Física. Sin embargo, supone la utilización de varias sesiones en el horario de la materia común Historia de la Filosofía, que incluye a toda la clase de 2º Bachillerato de la modalidad científico-tecnológica. Puesto que ese alumnado ha cursado anteriormente la materia de Física y Química, todos pueden sacar provecho de la parte común sin sentirse perdidos o desorientados. Además, esas exposiciones se centrarán en los contenidos de la materia de Historia de la Filosofía y el nivel de profundidad en los contenidos de Física en la parte común se ajustará a sus conocimientos previos. En cualquier caso, para buscar el máximo rendimiento de todas las intervenciones es conveniente contactar con el profesor de la materia de Química (la optativa que cursa el resto del alumnado de la clase, que no da Física), a fin de plantear la posibilidad de incluir en la programación de esa materia aspectos acordes a los objetivos de la propuesta de innovación.

Los agentes implicados serían entonces:

- Grupo de 2º Bachillerato C (modalidad científico-tecnológica). Hay que distinguir:
 - Alumnado que cursa la optativa de Física (involucrados en toda la propuesta)
 - Alumnado que cursa la optativa de Química (involucrados en la parte general de filosofía y, dependiendo de la colaboración del profesor de Química, en una propuesta paralela a la aquí descrita).
- Departamentos de Física y Química y de Filosofía.

4.3. MATERIALES DE APOYO Y RECURSOS NECESARIOS

- Ordenador y proyector: para complementar las exposiciones, que de otro modo podrían resultar pesadas e, incluso, alguno de los ejemplos difícilmente comprensible.
- Acceso a fotocopidora, biblioteca u otra plataforma alternativa (ej. correo electrónico) que permitan al alumnado tener acceso a las lecturas que se propongan. Además de los libros recogidos en la programación, las exposiciones de carácter epistemológico se apoyarán en el siguiente libro (pudiendo recomendarse alguna lectura de ampliación en función del interés del alumnado):
 - Chalmers, A.F. (2000). ¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Siglo XXI. 3ª Edición
- Material para prácticas de laboratorio: además de las prácticas obligatorias de cara a la PAU (Ej: el péndulo simple), puede resultar interesante (pero no estrictamente necesario) el montaje de alguna práctica ilustrativa (como la fuente de agua, que se puede montar a partir de un bote de agua, tubos de plástico y tinte de agua).

5. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA INNOVACIÓN

5.1. EVALUACIÓN DEL ALUMNADO

A fin de comprobar el conocimiento por parte del alumnado de los contenidos explicados en el marco de la propuesta de innovación, se informará al inicio de curso de la posibilidad de hacer un trabajo que aborde, al menos, los siguientes aspectos:

- a) Análisis de una revolución científica concreta desde una de las perspectivas epistemológicas estudiadas.
- b) Reflexión sobre la relación entre ese campo de la ciencia y alguna de las cuestiones metafísicas planteadas.
- c) Resumen y comentario de la posición al respecto de alguno de los filósofos estudiados en Historia de la Filosofía.

Puesto que se trata de una propuesta de innovación en coordinación entre dos Departamentos y el trabajo hace referencia a contenidos de dos materias diferentes (Física e Historia de la Filosofía), la evaluación debe reflejarse en ambas materias. En cada caso se tendrán en cuenta únicamente los apartados que se relacionen con los contenidos de la materia incluidos en el currículo oficial. Para la Física serán los

apartados a y b, como parte del Bloque de contenidos comunes y los contenidos de los demás bloques en alusión a las revoluciones y desarrollos científicos (por ejemplo: “Controversia histórica sobre la naturaleza de la luz: modelos corpuscular y ondulatorio”). Los apartados b y c serían evaluados por el profesorado de Historia de la Filosofía, por lo que el apartado b sería considerado como parte de los instrumentos de evaluación de ambas materias.

El trabajo escrito supondrá un 5% de la calificación final de la materia de Física, tal y como se recoge en la programación presentada. Queda a juicio del profesorado de Historia de Filosofía, la contribución del trabajo a la calificación de esa materia.

La propuesta de innovación incluye como uno de sus objetivos fomentar el trabajo autónomo por parte del alumnado, como estrategia para aumentar su motivación. En este sentido, se pretende exponer superficialmente en clase los contenidos transversales y facilitarles el acceso a la información para que seleccionen la que sea realmente útil y pertinente a la hora de redactar el trabajo. Por ello, además de los criterios de evaluación recogidos en las unidades didácticas correspondientes a la revolución científica que cada alumno escoja, se ha optado por utilizar una rúbrica como instrumento de evaluación (Tabla 1). Se ha escogido la rúbrica, porque permite aumentar la calidad de las instrucciones dadas por el profesor, dando a los estudiantes pautas explícitas con respecto a sus expectativas. De este modo, si se les facilita la rúbrica al inicio de curso al exponer la posibilidad de realizar el trabajo en cuestión, el alumnado dispone ya de toda la información necesaria para saber cómo estructurar y enfocar el trabajo, pudiendo trabajar autónomamente desde ese momento.

Tabla 1. Rúbrica evaluación del trabajo en la propuesta de innovación

	Sobresaliente [9, 10]	Notable [7, 9)	Suficiente [5, 7)	Insuficiente [0, 5)
Calidad de la información	Se utiliza información útil, interesante y original proveniente de fuentes de información variadas y fiables, que además se citan adecuadamente.	La información empleada es interesante y pertinente, pero una parte de ella no ha sido contrastada adecuadamente o las referencias a las mismas tienen pequeños defectos.	La mayor parte de la información se ha extraído de una única fuente sin contrastarla adecuadamente. Las cuestiones planteadas se contestan, pero en ocasiones de forma poco directa.	No se citan fuentes de información. No se da respuesta a las preguntas-problema planteadas.
Grado de elaboración personal	El trabajo es producto de una elaboración personal del estudiante y las fuentes originales de información son reelaboradas por él.	Parte de la información se ha copiado textualmente.	Se ha copiado textualmente la mayor parte del texto.	Texto totalmente copiado de otras fuentes.

Estructura y coherencia del texto	El texto tiene una estructura clara, incluyendo un índice y un resumen final de conclusiones. El desarrollo del trabajo sigue una estructura lógica y ordenada, conectando cada apartado con los demás.	El texto tiene los elementos formales esperados (índice, desarrollo, conclusiones...), pero parte de la información se presenta de forma inconexa o confusa.	El trabajo se organiza siguiendo un esquema de “pregunta-respuesta” sin conectar los contenidos entre sí.	La información se presenta desorganizada, con contradicciones y sin relacionar las respuestas entre sí ni con las preguntas planteadas.
Expresión escrita	No hay errores de gramática, ortografía o puntuación.	Casi no existen errores de gramática, ortografía o puntuación.	Bastantes errores de gramática, ortografía o puntuación.	Continuos errores de gramática, ortografía o puntuación.

5.2. EVALUACIÓN DE LA INNOVACIÓN

Toda propuesta de innovación que involucre al alumnado y no cuente con una buena predisposición por su parte tiene muy difícil llegar a cumplir sus objetivos. Por ello, se propone la realización una doble evaluación (inicial y final) a partir de una misma escala de valoración (Figura 1). Esto nos permitirá:

- Conocer la motivación del alumnado y el grado de participación esperable de cara a los temas transversales que se trabajarán en el marco de la propuesta de innovación. Si se diese el caso de que el grupo tiene una valoración negativa de la propuesta y un desinterés completo por los contenidos a trabajar, sería necesaria una revisión de la propuesta y la pertinencia de llevarla a cabo.
- Comparar la opinión de los estudiantes sobre la Naturaleza de la Ciencia, su importancia y su presencia en la programación, antes y después de que se expongan contenidos relacionados y se realice un trabajo de investigación al respecto.
- Detectar ámbitos de mejora dentro de la propia innovación y revisar si sigue siendo útil y necesaria, como para mantenerla en cursos posteriores.

Figura 1. Evaluación de la propuesta de innovación

	1	2	3	4
Al inicio de curso se ha recibido la información necesaria sobre el proyecto “Física como Filosofía Natural” y el trabajo a realizar				
Explicar la Física desde un enfoque histórico ayuda a comprender los contenidos de la materia				
Explicar la Física desde un enfoque filosófico ayuda a comprender los contenidos de la materia				
Explicar la Historia de la Filosofía conectándola con áreas de carácter científico ayuda a comprender los contenidos de la materia				
La Física es una disciplina exclusivamente de “ciencias”				

Se ha dispuesto de los recursos (materiales e intelectuales) para llevar a cabo un trabajo de investigación autónomo*				
Los contenidos transversales se han integrado coherentemente como parte de la materia y no como “añadidos inconexos” *				
Las explicaciones de los profesores de Física e Historia de la Filosofía han sido coherentes entre sí*				
Los criterios de evaluación y calificación del trabajo han sido claros y adecuados.				
El proyecto “Física como Filosofía Natural” debiera mantenerse el año que viene				
<p>LEYENDA:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nada de acuerdo 2. Poco de acuerdo 3. Bastante de acuerdo 4. Totalmente de acuerdo <p>Los ítems marcados con una almohadilla (*) se contestarán únicamente a final de curso.</p>				
¿Qué contenidos te gustaría abordar como parte de la relación entre Física y Filosofía?				
¿Qué aspectos del proyecto “Física como Filosofía Natural” se podrían mejorar? ¿Cómo?				
Observaciones:				

Incluso tras la realización de ambos cuestionarios quedarían aspectos de la innovación difícilmente evaluables. Para tratar de compensarlo, se realizarán adicionalmente reuniones trimestrales de coordinación del profesorado implicado, que se aprovecharán para poner en común las percepciones sobre el proyecto y ajustar el desarrollo del mismo a las condiciones específicas del curso.

Por último, hay que tener en cuenta que la realización de los propios trabajos por parte del alumnado puede servir de indicador de su grado de satisfacción e interés, en función de la profundidad y acierto con el que se realice. Durante el ensayo de la propuesta de innovación durante el periodo de prácticas, aunque no se llegó a pedir la realización del trabajo completo, sí se les pidió que voluntariamente resumieran y comentaran lo expuesto. Los resúmenes entregados resultaron bastante alentadores de cara al futuro del proyecto. A continuación se recogen algunos fragmentos:

“La Física y la Filosofía [...] tienen más en común de lo que ninguno de nosotros sospechaba. Ambas se afanan desde sus distintas posiciones, frente al conocimiento, en dar la explicación razonada y demostrada de cómo es nuestro Universo”

M. R. V.

“Todos los seres humanos se plantean cuestiones existenciales alguna vez en su vida. Yo creo que la curiosidad acerca de nuestra existencia es una de esas cosas que nos caracteriza como seres humanos. Cada uno da respuestas a esta cuestión según lo que concibe como real. [...]. En mi opinión, hay que dejar la puerta medio abierta y barajar todo tipo de hipótesis al abarcar cuestiones de tal calibre como es determinar cuál es el origen del Universo, qué es la realidad o qué son espacio y tiempo.”

R. S. R.

“Podemos asustarnos por lo desconocido, volver atrás y seguir con la historia o... continuar avanzando, avisar a los demás e investigar la zona oscura. ¿No es viable suponer que, pasado el suficiente tiempo, conseguiríamos iluminar las tinieblas y descubrir el código? Descubriríamos con él la verdad, aunque todavía no la entendiésemos y podríamos saber al fin qué somos.”

P. R. S.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS EN EL CONTEXTO DE LA INNOVACIÓN

Alder, K. (2006). The History of Science, or, an Oxymoronic Theory of Relativistic Objectivity. En Lloyd Kramer y Sarah Maza (Eds.) *A Companion to Western Historical Thought* (pp. 297-318). Blackwell.

Bell, B. F. y Pearson, J. (1992). Better Learning. *International Journal of Science Education*, 14(3), pp. 349-361.

Brush, S.G. (1974). Should the History of Science be Rated X? *Science*, 18, pp. 1164-1172.

Carmona, A.G., Alonso, A.V. y Mas, M.A.M. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia: Una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), pp 403-412.

Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), pp. 477-488.

Gil, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212.

Gil, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 154-164.

Hipkins, R., Barker, M. y Bolstad, R. (2005). Teaching the 'nature of science': modest adaptations or radical reconceptions? *International Journal of Science Education*, 27(1), pp. 243-254.

Hodson, D. (2008). *Towards Scientific Literacy*. Rotterdam: Sense Publishers.

Iranzo, V. (2005). Filosofía de la Ciencia e Historia de la Ciencia. *Quaderns de filosofia i ciència*, 35, pp. 19-43.

Kitcher, P. (1988). The Child as Parent of the Scientist. *Mind and Language*, 3(3), pp. 217-228.

Klein, M.J. (1972). Use and Abuse of Historical Teaching in Physics. En Brush, S.G. y King, A.L. (Eds.), *History in the Teaching of Physics*. University Press of New England: Hanover.

Kuhn, T.S. (1970). *The structure of Scientific Revolutions*. University Press of Chicago.

Lederman, N.G. (2006). Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1).

Mach, E. (1883). *The Science of Mechanics*. Open Court Publishing Company. LaSalle 11.

Matthews, M.R. (1994). Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual, *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 255-277.

Navarro, L. (1997). *Historia de la Física y Enseñanza de la Física*. Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria. Universidad de la Habana.

Piaget, J. (1970). *Genetic Epistemology*. Columbia University Press: Londres.

Sánchez-Ron, J.M. (1988). Usos y abusos de la Historia de la Física en la Enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 179-188.

Siegel, H. (1979). On the Distortion of the History of Science in Science Education. *Science Education*, 63, pp. 111-118.

Slisko, J. (2008). La historia de la física en la enseñanza. Desde los objetivos curriculares hasta la práctica docente. *El Cronopio*, pp. 16-21.

Vázquez, A., Acebedo, J.A., Manassero, M.A. y Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, pp. 135-176.