

**I.E.S. ALBORÁN ALMERÍA**

**Departamento: FÍSICA Y QUÍMICA**

**Curso: 2º BACHILLERATO DE CIENCIAS DE LA NATURALEZA Y LA SALUD**

**ASIGNATURA: FÍSICA.**

# **P R O G R A M A C I Ó N**

**CURSO 2015/16**

**TEMPORALIZACION: 120 HORAS**

## 1. INTRODUCCIÓN:

## 2. OBJETIVOS GENERALES Y CAPACIDADES TERMINALES.

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), ha sido desarrollado en la Comunidad Autónoma de Andalucía por el **Decreto 416/2008, de 22 de julio**, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas correspondientes al Bachillerato, y por la **Orden de 5 de agosto de 2008**, por la que se desarrolla el currículo de Bachillerato para esta comunidad. En el artículo 2 de esta Orden se indica que los objetivos, contenidos y criterios de evaluación para cada una de las materias son los establecidos tanto en ese Real Decreto como en ese Decreto y en esa Orden, en la que, específicamente, se incluyen los contenidos propios de esta comunidad, que "versarán sobre el tratamiento de la realidad andaluza en sus aspectos geográficos, económicos, sociales históricos, culturales, científicos y de investigación a fin de mejorar las competencias ciudadanas del alumnado, su madurez intelectual y humana, y los conocimientos y habilidades que le permitan desarrollar las funciones sociales precisas para incorporarse a la vida activa y a la educación superior con responsabilidad, competencia y autonomía". La presente programación aborda la materia de **Física** de 2.º de Bachillerato (modalidad de *Ciencias y Tecnología*).

***Según la LOE (artículo 32), esta etapa ha de cumplir diferentes finalidades educativas, que no son otras que 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). De acuerdo con estos objetivos, el Bachillerato se organiza bajo los complementarios principios de unidad y diversidad, es decir, le dota al alumno de una formación intelectual general y de una preparación específica en la modalidad que esté cursando (a través de las materias comunes, de modalidad —como esta— y optativas), y en las que la labor orientadora es fundamental para lograr esos objetivos. En consecuencia, la educación en conocimientos específicos de esta materia ha de incorporar también la***

***enseñanza en los valores de una sociedad democrática, libre, tolerante, plural, etc., una de las finalidades expresas del sistema educativo, tal y como se pone de manifiesto en los objetivos de esta etapa educativa y en los específicos de esta materia —la educación moral y cívica, para la paz, para la salud... se integran transversalmente en todos los aspectos y materias del currículo—.***

***La LOE, en su artículo 33, establece como objetivos de esta etapa, y solo citamos algunos de los más representativos, "acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida", "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", y también "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", "afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal", y así muchos otros que inciden en la formación integral del alumno. Como se ha llegado a decir, el conocimiento científico ha ayudado históricamente a la libertad del ser humano —y es fuente de cambio social— al hacerlo menos dependiente de explicaciones irracionales y/o míticas.***

En este sentido, el currículo de Bachillerato ha de contribuir a la formación de una ciudadanía informada y crítica, y por ello debe incluir aspectos de formación cultural y científica. La materia de Física, en particular, y todas las de carácter científico, en general, deben aparecer en su carácter empírico y predominantemente experimental, y a la vez en su faceta de construcción teórica y de modelos (las cosas no suceden por azar, y cuando se encuentra una explicación teórica a un fenómeno se puede modificar), aspecto este que consolidará en el alumno el pensamiento abstracto al exigirle que comprenda la complejidad de los problemas científicos y el significado profundo de las teorías y modelos que han de permitirle acercarse a la comprensión de los aspectos físicos del Universo que le parecerán, inicialmente, inexplicables y confusos. Han de favorecer, en consecuencia, la familiarización del alumno con las características de la investigación científica y con su aplicación a la resolución de problemas concretos (*aprendizaje significativo*) que sean científicamente investigables por él. El desarrollo de este grupo de materias científicas debe mostrar los usos aplicados de las ciencias y sus implicaciones sociales y tecnológicas, cada vez mayores por sus influencias en muchos aspectos de la vida (por ejemplo, en las gafas para la corrección de defectos oculares, en las

cámaras fotográficas, en las telecomunicaciones, etc.). Por ello la Física aparece como una materia fundamental de la cultura científica de nuestro tiempo —y soporte para otras materias científicas y técnicas— que contribuye a la formación integral de los ciudadanos, en similar medida que las de carácter humanístico, por ejemplo. Una educación que integre la cultura humanística y la científica, una mayor presencia de la ciencia en los medios de comunicación, así como la participación activa de los investigadores en la divulgación de los conocimientos, se hacen cada día más necesarias.

Además de ser esta una etapa educativa terminal en sí misma, también tiene un carácter propedéutico: su currículo debe incluir los contenidos referidos a conceptos, procedimientos y actitudes que permitan abordar con éxito estudios posteriores, dado que la Física forma parte del currículo de un amplio grupo de estudios universitarios (y, en menor medida, de algunos de los ciclos formativos de la Formación Profesional de grado superior). La inclusión de contenidos relativos a procedimientos implica que los alumnos se familiaricen con las características del trabajo científico y sean capaces de aplicarlos a la resolución de problemas y a los trabajos prácticos (de hecho, hay en el currículo oficial un bloque de contenidos denominados *comunes* que pretenden, transversalmente, esa finalidad, la de familiarizar al alumno en las estrategias básicas de la actividad científica, acostumbrarle al trabajo en equipo, potenciar su espíritu crítico..., y que en el específicamente autonómico se denomina *Aproximación al trabajo científico. Ciencia, tecnología y sociedad*). Los contenidos relativos a actitudes suponen, además de cómo el alumno se relaciona con el conocimiento científico, el conocimiento de las interacciones de las ciencias físicas con la técnica y la sociedad. Todos estos aspectos deben aparecer dentro del marco teórico-práctico de estudio (bloques genéricos relativos a la física clásica, como la *mecánica* y el *electromagnetismo*, y otro a la *física moderna*, para comprender la materia y los fenómenos que se producen en la naturaleza, desde su escala más pequeña a la más grande, bloque que, a su vez, se subdividen en otros) y no como actividades complementarias.

Por último, la aproximación a las causas y desarrollo de los grandes problemas que acucian a la sociedad contemporánea —por la responsabilidad que la ciencia tiene en ello y el papel que puede desempeñar en sus soluciones—, como la desigual distribución de la riqueza, las cuestiones derivadas de la degradación medioambiental y el desarrollo tecnológico, el papel de los medios de comunicación y su repercusión en el consumo y en los estilos de vida, etc. —lo que se ha dado en llamar *física, tecnología, sociedad y medio ambiente*, conjunto de contenidos que se trabajan transversalmente—, permitirán la potenciación de una serie de valores como la solidaridad, la oposición a cualquier tipo de discriminación por razón de sexo, raza o

creencia, la resolución pacífica de los conflictos, etc., que facilite su integración en una sociedad democrática y responsable.

## **OJETIVOS GENERALES:**

En este apartado reproducimos el marco legal del currículo en esta comunidad autónoma: Decreto 416/2008, de 22 de julio, y Orden de 5 de agosto de 2008, tal y como han sido aprobados por su Administración educativa y publicados en su Boletín Oficial (28 de julio y 26 de agosto de 2008, respectivamente), y Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, de enseñanzas mínimas, publicado en el Boletín Oficial del Estado (6 de noviembre de 2007).

## **OBJETIVOS DE ETAPA**

El artículo 4 del citado Decreto 416/2008 indica que esta etapa educativa contribuirá a que los alumnos de esta comunidad autónoma desarrollen una serie de saberes, capacidades, hábitos, actitudes y valores que les permita alcanzar, entre otros, los siguientes objetivos:

- a) Las habilidades necesarias para contribuir a que se desenvuelvan con autonomía en el ámbito familiar y doméstico, así como en los grupos sociales con los que se relacionan, participando con actitudes solidarias, tolerantes y libres de prejuicios.
- b) La capacidad para aprender por sí mismo, para trabajar en equipo y para analizar de forma crítica las desigualdades existentes e impulsar la igualdad, en particular, entre hombres y mujeres.
- c) La capacidad para aplicar técnicas de investigación para el estudio de diferentes situaciones que se presenten en el desarrollo del currículo.
- d) El conocimiento y aprecio por las peculiaridades de la modalidad lingüística andaluza en todas sus variedades, así como entender la diversidad lingüística y cultural como un derecho y un valor de los pueblos y los individuos en el mundo actual, cambiante y globalizado.
- e) El conocimiento, valoración y respeto por el patrimonio natural, cultural e histórico de España y de Andalucía, fomentando su conservación y mejora.

Este mismo decreto hace mención, también en su artículo 4, a que el alumno debe alcanzar los objetivos indicados en la LOE para esta etapa educativa (artículo 33), y que son los siguientes:

- a) Ejercer la ciudadanía democrática, desde una perspectiva global, y adquirir una conciencia cívica responsable, inspirada por los valores de la Constitución española así como por los derechos humanos, que fomente la corresponsabilidad en la construcción de una sociedad justa y equitativa.
- b) Consolidar una madurez personal y social que les permita actuar de forma responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico. Prever y resolver pacíficamente los conflictos personales, familiares y sociales.
- c) Fomentar la igualdad efectiva de derechos y oportunidades entre hombres y mujeres, analizar y valorar críticamente las desigualdades 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.

## OBJETIVOS GENERALES DE LA MATERIA

La enseñanza de la *Física* en Bachillerato tendrá como finalidad, de acuerdo a lo establecido en el citado Real Decreto 1467/2007, el desarrollo de las siguientes capacidades:

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 ambiente, valorando la necesidad de trabajar para lograr un futuro sostenible y satisfactorio para el conjunto de la humanidad.
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.

## **CRITERIOS DE EVALUACIÓN**

Según el citado Real Decreto 1467/2007, los criterios de evaluación son los siguientes:

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

Se trata de evaluar si los estudiantes se han familiarizado con las características básicas del trabajo científico al aplicar los conceptos y procedimientos aprendidos y en relación con las diferentes tareas en las que puede ponerse en juego, desde la comprensión de los conceptos a la resolución de problemas, pasando por los trabajos prácticos. Este criterio ha de valorarse en relación con el resto de los criterios, para lo que se precisa actividades de evaluación que incluyan el interés de las situaciones, análisis cualitativos, emisión de hipótesis fundamentadas, elaboración de estrategias, realización de experiencias en condiciones controladas y reproducibles, análisis detenido de resultados, consideración de perspectivas, implicaciones CTSA del estudio realizado (posibles aplicaciones, transformaciones sociales, repercusiones negativas...), toma de decisiones, atención a

las actividades de síntesis, a la comunicación, teniendo en cuenta el papel de la historia de la ciencia, etc.

**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.**

Este criterio pretende comprobar si el alumnado conoce y valora lo que supuso la gravitación universal en la ruptura de la barrera cielos-Tierra, las dificultades con las que se enfrentó y las repercusiones que tuvo, tanto teóricas, en las ideas sobre el Universo y el lugar de la Tierra en el mismo, como prácticas, en los satélites artificiales. A su vez, se debe constatar si se comprenden y distinguen los conceptos que describen la interacción gravitatoria (campo, energía y fuerza), y saben aplicarlos en la resolución de las situaciones mencionadas.

**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.**

Se pretende evaluar si los estudiantes pueden elaborar modelos sobre las vibraciones y las ondas en la materia y son capaces de asociar lo que perciben con aquello que estudian teóricamente como, por ejemplo, relacionar la intensidad con la amplitud o el tono con la frecuencia, y conocer los efectos de la contaminación acústica en la salud. Comprobar, asimismo, que saben deducir los valores de las magnitudes características de una onda a partir de su ecuación y viceversa; y explicar cuantitativamente algunas propiedades de las ondas, como la reflexión y refracción y, cualitativamente otras, como las interferencias, la difracción y el efecto Doppler.

**4. Utilizar los modelos clásicos (corpúscular y ondulatorio) para explicar las distintas propiedades de la luz.**

Este criterio trata de constatar que si se conoce el debate histórico sobre la naturaleza de la luz y el triunfo del modelo ondulatorio. También si es capaz de obtener imágenes con la cámara oscura, espejos planos o curvos o lentes delgadas, interpretándolas teóricamente en base a un modelo de rayos, es capaz de construir algunos aparatos tales como un telescopio sencillo, y comprender las múltiples aplicaciones de la óptica en el campo de la fotografía, la comunicación, la investigación, la salud, etc.



- 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 la fuerzas que actúan sobre cargas y corrientes, así como justificar el fundamento de algunas aplicaciones prácticas.**

Con este criterio se pretende comprobar si los estudiantes son capaces de determinar los campos eléctricos o magnéticos producidos en situaciones simples (una o dos cargas, corrientes rectilíneas) y las fuerzas que ejercen dichos campos sobre otras cargas o corrientes en su seno. Asimismo, se pretende conocer si saben utilizar y comprenden el funcionamiento de electroimanes, motores, instrumentos de medida, como el galvanómetro, etc., así como otras aplicaciones de interés de los campos eléctricos y magnéticos, como los aceleradores de partículas y los tubos de televisión.

- 6. Explicar la producción de corriente mediante variaciones del flujo magnético.**

Se trata de evaluar si se comprende la inducción electromagnética y la producción de campos electromagnéticos. También si se justifica críticamente las mejoras que producen algunas aplicaciones relevantes de estos conocimientos (la utilización de distintas fuentes para obtener energía eléctrica o de las ondas electromagnéticas en la investigación, la telecomunicación, la medicina, etc.) y los problemas medioambientales y de salud que conllevan.

- 1. 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.**

Este criterio evaluará si los estudiantes comprenden que los fotones, electrones, etc., no son ni ondas ni partículas según la noción clásica, sino que son objetos nuevos con un comportamiento nuevo, el cuántico, y que para describirlo fue necesario construir un nuevo cuerpo de conocimientos que permite una mejor comprensión de la materia y el cosmos, la física cuántica. Se evaluará, asimismo, si conocen el gran impulso de esta nueva revolución científica al desarrollo científico y tecnológico, ya que gran parte de las nuevas tecnologías se basan en la física cuántica: las células fotoeléctricas, los microscopios electrónicos, el láser, la microelectrónica, los ordenadores, etc.

**2. 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.**

Este criterio trata de comprobar si el alumnado es capaz de interpretar la estabilidad de los núcleos a partir de las energías de enlace y los procesos energéticos vinculados con la radiactividad y las reacciones nucleares. Y si es capaz de utilizar estos conocimientos para la comprensión y valoración de problemas de interés, como las aplicaciones de los radioisótopos (en medicina, arqueología, industria, etc.) o el armamento y reactores nucleares, siendo conscientes de sus riesgos y repercusiones (residuos de alta actividad, problemas de seguridad, etc.).

En la citada Orden de 5 de agosto de 2008, también se dan indicaciones acerca de los criterios de valoración de los aprendizajes de los alumnos, y que son los siguientes para el conjunto de bloques temáticos:

- La principal referencia para la evaluación es el desarrollo en el alumnado de las capacidades que integran la competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico. Hay que valorar por tanto su conocimiento de conceptos, leyes, teorías y estrategias relevantes para resolución de problemas, así como su capacidad para aplicar sus conocimientos al estudio de situaciones concretas relacionadas con los problemas trabajados durante el curso. Pero también se debe valorar hasta qué punto sabe reconocer situaciones problemáticas e identificar las variables que inciden en ellas, o elaborar argumentos y conclusiones, así como comunicarlos a los demás utilizando códigos de lenguaje apropiados, capacidad para analizar y valorar los argumentos aportados por los demás, creatividad, originalidad en el pensamiento, etc.
- Debe también valorarse su conocimiento del manejo de material y su destreza para la experimentación, su capacidad para diseñar experiencias y analizar sus resultados y las posibles causas de incidencias producidas durante las mismas.
- Por último, debe tenerse en cuenta el conocimiento que muestre el alumnado sobre las principales aportaciones de la química al desarrollo de la ciencia y a la mejora de nuestras condiciones de vida, valorando aspectos positivos y negativos, y las posibles soluciones que aporta para problemas que hoy se plantean a la humanidad.

### **3. CONTENIDOS.**

Como hemos indicado anteriormente, los contenidos de esta materia parten de dos fuentes: el Real Decreto 1467/2007, de enseñanzas mínimas, y la Orden de 5 de agosto de 2008 que establece los específicos de nuestra comunidad.

Los indicados en ese real decreto son los siguientes:

### **1. Contenidos comunes:**

- Utilización de estrategias básicas de la actividad científica tales como el planteamiento de problemas y la toma de decisiones acerca de la conveniencia o no de su estudio; la formulación de hipótesis, la elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales y análisis de los resultados y de su fiabilidad.
- Búsqueda, selección y comunicación de información y de resultados utilizando la terminología adecuada.

### **2. Interacción gravitatoria:**

- Una revolución científica que modificó la visión del mundo. De las leyes de Kepler a la Ley de gravitación universal. Energía potencial gravitatoria.
- El problema de las interacciones a distancia y su superación mediante el concepto de campo gravitatorio. Magnitudes que lo caracterizan: intensidad y potencial gravitatorio.
- Estudio de la gravedad terrestre y determinación experimental de  $g$ . Movimiento de los satélites y cohetes.

### **3. Vibraciones y ondas:**

- Movimiento oscilatorio: el movimiento vibratorio armónico simple. Estudio experimental de las oscilaciones del muelle.
- Movimiento ondulatorio. Clasificación y magnitudes características de las ondas. Ecuación de las ondas armónicas planas. Aspectos energéticos.
- Principio de Huygens. Reflexión y refracción. Estudio cualitativo de difracción e interferencias. Ondas estacionarias. Ondas sonoras.
- Aplicaciones de las ondas al desarrollo tecnológico y a la mejora de las condiciones de vida. Impacto en el medio ambiente.

- Contaminación acústica, sus fuentes y efectos.

#### **4. Óptica:**

- Controversia histórica sobre la naturaleza de la luz: modelos corpuscular y ondulatorio. Dependencia de la velocidad de la luz con el medio. Algunos fenómenos producidos con el cambio de medio: reflexión, refracción, absorción y dispersión.
- Óptica geométrica: comprensión de la visión y formación de imágenes en espejos y lentes delgadas..
- Estudio cualitativo del espectro visible y de los fenómenos de difracción, interferencias y dispersión. Aplicaciones médicas y tecnológicas.

#### **5. Interacción electromagnética:**

- Campo eléctrico. Magnitudes que lo caracterizan: intensidad de campo y potencial eléctrico.
- Relación entre fenómenos eléctricos y magnéticos. Campos magnéticos creados por corrientes eléctricas. Fuerzas magnéticas: ley de Lorentz e interacciones magnéticas entre corrientes rectilíneas. Experiencias con bobinas, imanes, motores, etc. Magnetismo natural. Analogías y diferencias entre campos gravitatorio, eléctrico y magnético.
- Inducción electromagnética. Producción de energía eléctrica, impactos y sostenibilidad. Energía eléctrica de fuentes renovables.

#### **6. Introducción a la Física moderna:**

- La crisis de la Física clásica.
- El efecto fotoeléctrico: insuficiencia de la Física clásica para explicarlo. Hipótesis de De Broglie. Relaciones de indeterminación. Valoración del desarrollo científico y tecnológico que supuso la Física moderna.
- Física nuclear. La energía de enlace. Radiactividad: tipos, repercusiones y aplicaciones. Reacciones nucleares de fisión y fusión, aplicaciones y riesgos.

En el caso de la Orden con contenidos específicos para nuestra comunidad, estos son los siguientes, organizados en torno a siete núcleos temáticos, similares o iguales a los citados anteriormente:

1. Aproximación al trabajo científico. Ciencia, tecnología y sociedad.
2. Interacción gravitatoria
3. Vibraciones y ondas.

4. Interacción electromagnética.
5. Luz y ondas electromagnéticas.
6. Introducción a la física moderna.

Dado lo extensa que es la referencia legal a estos contenidos específicos para Andalucía, tan solo indicamos para cada uno de estos seis bloques, y por su importancia metodológica y por la posibilidad de insertarse en el desarrollo de los respectivos bloques temáticos y generar aprendizajes significativos que contextualizan el aprendizaje y se acercan a cuestiones de interés social, lo que se denomina *contenidos y problemáticas relevantes*, presentados como preguntas a formular a los alumnos:

## **2. Aproximación al trabajo científico. Ciencia, tecnología y sociedad.**

- ¿Cuáles son las principales aportaciones de la física a nuestra sociedad?, ¿hasta qué punto son aceptables los resultados de las medidas obtenidas experimentalmente?, ¿cómo evolucionan las teorías y modelos en física?, ¿influye la sociedad en los temas que la física investiga en cada época?, ¿encuentran aplicación inmediata los resultados de las investigaciones que se hacen en física?, etc.

## **3. Interacción gravitatoria.**

- ¿Qué novedades introdujeron las leyes de Kepler con respecto a teorías anteriores sobre el movimiento de los planetas?, ¿qué novedades introduce la Ley de Gravitación Universal con respecto a las leyes de Kepler?, ¿qué dificultades hubo que vencer para que finalmente fuese aceptada la Ley de Gravitación Universal?, ¿se puede usar siempre la expresión  $E = m \cdot g \cdot h$  para calcular la energía potencial gravitatoria de un cuerpo?, ¿es correcto hablar de la energía potencial gravitatoria de un cuerpo, o debe hablarse de la energía potencial gravitatoria asociada al sistema Tierra-cuerpo?, ¿hay alguna relación entre energía potencial gravitatoria de un cuerpo y potencial en un punto de un campo gravitatorio?, ¿y entre intensidad de campo y potencial gravitatorio en un punto?, ¿es lo mismo intensidad de campo gravitatorio que fuerza gravitatoria?, ¿qué velocidad debe darse a un satélite para ponerlo en órbita?, ¿puede usarse la medida de  $g$  para buscar minas o yacimientos petrolíferos?, etc.

## **4. Vibraciones y ondas.**

- ¿Qué significa que un movimiento es periódico?, ¿qué fenómenos ondulatorios conoces?, ¿de qué depende la constante elástica de un muelle?, ¿cómo varían la velocidad y la aceleración de un punto que describe un movimiento armónico simple?, ¿qué transformaciones energéticas se producen en un muelle mientras oscila?, ¿de qué magnitudes dependen las cualidades de un sonido? Al alejarnos de una fuente sonora llegamos a no percibir el sonido que produce ¿se pierde la energía emitida por esa fuente?, ¿deja de cumplirse en este caso el principio de conservación de la energía?, ¿puede un exceso de ruidos considerarse contaminación?, ¿qué efectos puede producir el exceso de ruidos en nuestra salud?, etc.

#### **5. Interacción electromagnética.**

- ¿Existe alguna relación entre fenómenos eléctricos y magnéticos?, ¿puede producirse una corriente eléctrica con la ayuda de un imán?, ¿puede producirse un campo magnético con una corriente eléctrica?, cuál es la base de generación de corriente eléctrica en los distintos tipos de centrales eléctricas?, ¿cómo funciona un motor eléctrico?, ¿son conservativas las fuerzas magnéticas?, ¿puede acelerarse una partícula cargada con la ayuda de un campo magnético?, ¿cuál es la base del funcionamiento de los grandes aceleradores de partículas?, ¿cómo funciona un tubo de televisión?, etc.

#### **6. Luz y ondas electromagnéticas.**

- ¿Qué hechos nos hacen pensar que la luz esté formada por partículas, tenga naturaleza corpuscular?, ¿qué hechos nos hacen pensar que la luz sea una onda?, ¿qué piensas que es la luz?, ¿cómo pueden corregirse los principales defectos de la vista?, ¿puedes reproducir experimentalmente el efecto que producen las lentes en nuestra visión?, ¿por qué se pueden usar los fenómenos de difracción e interferencias para medir con precisión distancias?, ¿cómo funciona un telescopio?, ¿y un microscopio?, ¿y una cámara fotográfica?, etc.

#### **7. Introducción a la física moderna.**

- ¿Por qué el efecto fotoeléctrico no podía ser explicado mediante los postulados de la física clásica?, ¿se ha demostrado en alguna ocasión la veracidad de lo establecido en la teoría de la relatividad?, ¿qué consecuencias tuvo la teoría de la relatividad en la física?, ¿qué ventajas e inconvenientes genera el uso de las reacciones nucleares para obtener energía?, ¿cómo se explica en la actualidad el efecto fotoeléctrico?.

Los contenidos concretan el que enseñar y constituyen el medio para alcanzar los objetivos educativos (capacidades terminales). Los podemos clasificar desde el punto de vista de la organización estructural de la actividad docente en conceptuales, procedimentales y actitudinales.

- **Conceptuales:** referentes a principios, hechos y conceptos.
- **Procedimentales:** referentes a estrategias, habilidades y destrezas.

Además de los contenidos para cada unidad didáctica se hará referencia a las capacidades terminales así como a los criterios de evaluación en relación a dichos contenidos.

## PROGRAMACIÓN DE LAS UNIDADES

Las unidades didácticas que se desarrollaran a lo largo del módulo se agruparán en los siguientes bloques temáticos:

### RELACIÓN DE UNIDADES DIDÁCTICAS y TEMPORIZACION.

Unidad Didáctica	Título	Tempori prog
1	ESTUDIO DE LA DINÁMICA DE UNA PARTÍCULA EN LAS PROXIMIDADES DE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA.	20
2	EL CAMPO GRAVITARIO.	12
3	EL CAMPO ELÉCTRICO.	12
4	EL CAMPO MAGNÉTICO.	12
5	INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA.	8
6	MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE.	8

7	MOVIMIENTO ONDULATORIO. ONDAS ELELCTROMAGNÉTICAS. ÓPTICA GEOMÉTRICA.	20
8	FÍSICA NUCLEAR.	12
9	NATURALEZA DE LA LUZ.	6
	<b>TOTAL TEMPORIZACIÓN:</b>	<b>120</b>

**Estimación por parciales:**

<b>1er parcial:</b>	UD 1 - 2 total horas
<b>2º parcial:</b>	UD 3 - 4 - 5 total horas
<b>3er parcial:</b>	UD 6 - 7 - 8 - 9 total horas

## UNIDAD DIDÁCTICA 1

### Herramientas matemáticas

#### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

- ❖ Reconocer las razones trigonométricas de un ángulo y las relaciones existentes entre las razones trigonométricas de diversos ángulos: complementarios, suplementarios, opuestos...
- ❖ Transformar sumas de razones trigonométricas en productos.
- ❖ Operar con vectores libres.
- ❖ Conocer la definición del producto escalar, su expresión analítica, su interpretación geométrica y sus propiedades.
- ❖ Aplicar el producto escalar para obtener el módulo de un vector y el ángulo entre dos vectores.
- ❖ Conocer la definición del producto vectorial, su expresión analítica, su interpretación geométrica y sus propiedades.
- ❖ Aplicar el producto vectorial para calcular el momento de un vector respecto de un punto y respecto de un eje, un vector perpendicular a dos dados y el área de un paralelogramo o de un triángulo.
- ❖ Conocer la definición de derivada de una función, derivar las principales funciones y conocer las reglas para derivar las funciones suma, producto, cociente, etc. y las funciones vectoriales respecto de un escalar.
- ❖ Conocer qué son las integrales definidas e indefinidas y saber resolverlas en el caso de funciones sencillas como las polinómicas, las trigonométricas...



- ❖ Valorar la importancia de usar un método general en la resolución de problemas.

## CONTENIDOS

### CONCEPTUALES:

1. Razones trigonométricas.
2. Vector libre.
3. Producto escalar y producto vectorial.
4. Derivada de una función en un punto. Función derivada.
5. Función primitiva.
6. Integral indefinida. Integral definida.

### PROCEDIMENTALES:

- Expresión y determinación de las razones trigonométricas de un ángulo y relación entre las razones trigonométricas de ángulos complementarios, suplementarios, opuestos...
- Operaciones con vectores libres.
- Expresión del producto escalar de vectores y determinación del módulo de un vector y del ángulo entre dos vectores.
- Expresión del producto vectorial de dos vectores y determinación del momento de un vector respecto de un punto y respecto de un eje, del vector perpendicular a dos dados y del área de un paralelogramo o de un triángulo.
- Cálculo de las funciones derivadas de las principales funciones para la física: la polinómica, la logarítmica, la exponencial y las trigonométricas.
- Cálculo de la derivada de la función suma, del producto de una constante por una función, de las funciones producto y cociente, de la función compuesta y de una función vectorial respecto de un escalar.
- Determinación de integrales indefinidas y de integrales definidas.

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

• Estas páginas introductorias pretenden que el alumno/a repase una serie de conceptos y operaciones matemáticas necesarias en este curso de Física. El profesor/a puede hacer uso y/o referencia a ellas al inicio de este, o bien durante el mismo, según crea más conveniente.

Los *Objetivos* muestran la intención de la unidad. Se presentan para que el alumno/a sepa qué es lo que deberá aprender.

El *Esquema de la unidad* tiene como finalidad mostrar el recorrido que se seguirá en el desarrollo de los distintos contenidos.

### 1. Trigonometría

Se repasan las definiciones de las razones trigonométricas de un ángulo, junto con los signos que tienen en los diferentes cuadrantes. También se revisan las relaciones existentes entre las diversas razones trigonométricas de un mismo ángulo y entre las de los ángulos complementarios, suplementarios, opuestos...

El ejemplo 1 propone reducir al primer giro un ángulo de varias vueltas y calcular sus razones trigonométricas.

Finalmente, se recuerda la forma de transformar sumas de senos y cosenos en productos y se muestran las características de las funciones trigonométricas seno y coseno.

### 2. Cálculo vectorial

Se repasan las características de un vector y las operaciones que se pueden realizar con ellos: suma, producto de un escalar por un vector, producto escalar y producto vectorial de vectores.

Los ejemplos del 2 al 8 se proponen para afianzar los contenidos anteriores.

La utilidad del cálculo vectorial es enorme en física, debido a que muchas de sus magnitudes tienen carácter vectorial. De hecho, el desarrollo de esta parte de las matemáticas se debe a la necesidad, surgida en física, de operar con las fuerzas. Además de éstas se utilizan otras muchas magnitudes vectoriales en física.

### 3. Cálculo diferencial

Se repasa el concepto de derivada y su relación con la variación del valor de una función en un punto. En unos cuadros esquemáticos quedan determinadas las derivadas de las principales funciones que aparecen en el estudio de este curso de Física.

Los ejemplos del 9 al 12 se proponen para afianzar los contenidos de este apartado.

En la cinemática se necesita trabajar con derivadas para averiguar velocidades y aceleraciones.

### 4. Cálculo integral

Se repasa la operación de integración y, mediante un cuadro, se determinan las integrales de las funciones que podemos encontrar en el estudio de la física de este curso: tanto indefinidas como definidas, así como de funciones vectoriales.

Se proponen los ejemplos del 13 al 15 para afianzar los contenidos de este apartado.

En física se plantea la misma necesidad de efectuar integrales que en la derivación, pero para efectuar cálculos inversos.

#### 5. Resolución de problemas

En el último apartado se presentan los pasos que hay que seguir en la resolución de problemas. Es muy conveniente acostumbrar al alumno/a a seguir un orden en la comprensión del enunciado del problema, la planificación de su resolución, la ejecución y la revisión del resultado.

El alumno/a suele trabajar de una manera incompleta la resolución de los problemas, pero debe llegar a entender que ciertos pasos que elude le ayudan enormemente en el éxito de su tarea.

## EVALUACIÓN

La evaluación de las capacidades de este tema se irá efectuando a lo largo del curso, ya que el profesor valorará en los ejercicios prácticos de los temas sucesivos tanto la parte conceptual como la de procedimientos, en la cual intervienen en gran manera los conocimientos matemáticos repasados en esta introducción.

## UNIDAD DIDÁCTICA Nº 1

Dinámica de traslación.

### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

Comprender la necesidad de un sistema de referencia para describir un movimiento.

- ❖ Conocer las magnitudes características del movimiento: trayectoria, posición, desplazamiento, velocidad y aceleración.
- ❖ Conocer y calcular la velocidad media y la velocidad instantánea, así como la aceleración media y la aceleración instantánea junto con las componentes intrínsecas de la aceleración.

- ❖ Realizar cálculos con movimientos rectilíneos uniformes y uniformemente acelerados.
- ❖ Componer movimientos rectilíneos de diversos tipos para estudiar movimientos más complejos.
- ❖ Realizar cálculos con los movimientos circulares uniformes y uniformemente acelerados.
- ❖ Enunciar y aplicar las leyes de Newton a la resolución de problemas de dinámica.
- ❖ Conocer qué es la cantidad de movimiento y utilizar el teorema de conservación de la cantidad de movimiento.
- ❖ Conocer la definición del momento cinético o angular.

## CONTENIDOS

### CONCEPTUALES:

1. Movimiento y reposo.
2. Sistema de referencia, trayectoria, vector de posición, vector desplazamiento y ecuación del movimiento.
3. Velocidad media e instantánea y aceleración media e instantánea. Componentes intrínsecas de la aceleración.
4. Movimientos rectilíneos uniformes y uniformemente acelerados.
5. Movimiento vertical de los cuerpos.
6. Composición de movimientos.
7. Movimientos circulares.
8. Leyes de Newton. Aplicaciones.
9. Cantidad de movimiento y teorema de conservación de la cantidad de movimiento.
10. Momento cinético o angular y teorema de conservación del momento angular.

### PROCEDIMENTALES:

- Determinación, a partir del vector de posición, de los vectores velocidad media e instantánea y de los vectores aceleración media e instantánea.
- Expresión de las componentes intrínsecas de la aceleración.
- Deducción de la velocidad y el vector de posición
- Aplicación de las ecuaciones del MRU y del MRUA en la resolución de problemas.
- Aplicación de las expresiones del movimiento circular y de las magnitudes angulares.
- Resolución de problemas de dinámica del movimiento rectilíneo y del movimiento circular mediante las leyes de Newton.
- Resolución de problemas de choques y explosiones mediante el teorema de conservación de la cantidad de movimiento.

- Resolución de problemas de movimiento en un plano horizontal, movimiento en un plano inclinado y movimiento de cuerpos enlazados mediante las leyes de Newton.

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Los *Objetivos* muestran la intención de la unidad. Se presentan para que el alumno/a tenga una idea general de lo que deberá aprender.

El *Esquema de la unidad* tiene como finalidad presentar el recorrido que se seguirá en la unidad para desarrollar los distintos contenidos de ésta.

La *Preparación de la unidad* propone el trabajo previo al estudio de ésta:

- Se recuerdan las fuerzas que constantemente aparecen en la vida diaria y, por tanto, en los problemas: resultante, normal, rozamiento y peso.
- Se proponen actividades que permiten poner en práctica los conocimientos adquiridos anteriormente y que se usarán en esta unidad: calcular derivadas de algunas funciones, representar fuerzas y resolver un movimiento circular.

### 1. Descripción del movimiento

Se empieza con el repaso de las *magnitudes del movimiento*. Se recuerda la relatividad del movimiento y la necesidad de un sistema de referencia; se repasan conceptos estudiados el curso anterior: *trayectoria*, *vector de posición*, *vector desplazamiento* y *ecuación del movimiento*.

Los ejemplos 1 y 2 proponen trabajar los conceptos comentados y los de *ecuación de la trayectoria* y *distancia recorrida*.

Los ejercicios de la página 25 sirven para afianzar la comprensión de estos conceptos.

Después se repasan y amplían los conceptos de *vector velocidad media e instantánea* y de *vector aceleración media e instantánea*. Los ejemplos 3 y 4 proponen calcular estas magnitudes en diferentes casos.

Más adelante se definen y se dan las expresiones de las componentes intrínsecas de la aceleración. Es importante hacer hincapié en cómo la aceleración normal mide la variación de la dirección de la velocidad y la aceleración tangencial mide la variación de su módulo. Conviene recalcar también al alumno/a que las dos componentes utilizan el *módulo del vector velocidad*. El ejemplo 5 ayuda a comprenderlo: la aceleración tangencial es igual a la derivada de dicho módulo, y la aceleración normal es igual al cuadrado del módulo partido por el radio de curvatura; es interesante que el alumno/a las compare con la aceleración total, que es la derivada del *vector velocidad*.

Seguidamente se pretende que el alumno/a comprenda cómo a partir del vector aceleración, se calcula el vector velocidad integrando la aceleración y cómo se obtiene el vector de posición integrando la velocidad. En el ejemplo 6 se ve cómo, además de integrar, es necesario conocer el vector velocidad y el vector de posición para un instante determinado, con el objeto de poder determinar las constantes de integración.

Los ejercicios sirven para afianzar los conocimientos generales sobre el movimiento analizados hasta aquí.

A continuación, en *Estudio de algunos movimientos*, se trabajan los movimientos más sencillos. Se repasan, en primer lugar, los estudiados durante el curso anterior: los movimientos rectilíneos y los que resultan de su composición.

Es importante recalcar al alumno/a que las expresiones correspondientes a la velocidad y a la posición deben aplicarse siempre completas; en caso contrario, cuando los móviles poseen velocidad inicial, suelen producirse equivocaciones.

En el ejemplo 7 se trabajan los movimientos MRU y MRUA horizontal.

En cuanto al movimiento vertical de los cuerpos, que se trabaja en los ejemplos 8 y 9, es conveniente establecer las siguientes condiciones para todos los casos con el fin de evitar errores:

- Tomar el origen de coordenadas en el suelo.
- Para los signos, usar el criterio habitual: posiciones sobre el suelo, positivas; vectores hacia arriba, positivos, y hacia abajo, negativos. La aceleración de la gravedad, por tanto, siempre será negativa.

Los ejercicios sirven para afianzar los conocimientos adquiridos sobre los movimientos rectilíneos.

Posteriormente se analiza la composición de movimientos. En lo que respecta al movimiento parabólico sirven las mismas indicaciones anteriores para el eje vertical puesto que es una composición de un MRUA vertical y un MRU horizontal. También conviene establecer unas condiciones globales para estos movimientos, de forma que las ecuaciones que se utilicen sean válidas para cualquier tipo de ellos, bien sea el lanzamiento horizontal, el oblicuo con ángulo positivo desde el suelo o sobre el suelo, o el oblicuo con ángulo negativo. Únicamente varían las condiciones iniciales, pero el desarrollo del ejercicio es siempre similar.

En los ejemplos 10 y 11 se estudian dos casos de composición de movimientos. Los ejercicios sirven para afianzar los conocimientos adquiridos sobre la composición de movimientos.

Por último, este apartado hace un repaso de las expresiones y relaciones propias del movimiento circular. Se trabajan estos movimientos en los ejemplos 12 (MCU) y 13 (MCUA) y en los ejercicios a continuación.

## 2. Causas del movimiento

El apartado comienza con el repaso de las leyes de la dinámica o leyes de Newton. En ellas se recogen todos los efectos de las fuerzas. La segunda de estas leyes da lugar a la denominada *ecuación fundamental de la dinámica*. Es importante hacer hincapié al alumno/a sobre todo en la primera de estas leyes, que es la que más cuesta de comprender en toda la extensión de su significado.

En cuanto a las fuerzas de acción y reacción, al alumno/a le resulta difícil entender, sobre todo, cuáles son y dónde se aplican estas reacciones que existen al mismo tiempo que las acciones. Basándose en ejemplos que le ayuden a buscar las reacciones de fuerzas conocidas, comprenderá la existencia de éstas.

Los ejemplos 14, 15 y 16 corresponden respectivamente a la primera, segunda y tercera leyes de Newton.

A continuación se estudia el *teorema de conservación de la cantidad de movimiento*, que se puede considerar como una consecuencia de las tres leyes de Newton. Es importante destacar, sin embargo, que por medio de este teorema se pueden resolver problemas de choques y explosiones como el del ejemplo 17. Los ejercicios de la página 35 sirven para afianzar los conocimientos sobre las leyes de Newton y la conservación de la cantidad de movimiento.

Por último, en *Aplicaciones de las leyes de Newton*, se muestran ejemplos teóricos y prácticos de cómo se debe razonar para determinar qué movimiento tendrá un objeto o conjunto de objetos enlazados, sobre los que actúan fuerzas conocidas o que se pueden conocer.

Un procedimiento para resolver problemas de dinámica contiene estas etapas: buscar las fuerzas que actúan, dibujarlas claramente en un diagrama (si el conjunto de las fuerzas tiene dos dimensiones, descomponer las fuerzas correspondientes sobre dos ejes adecuados al caso), sumarlas por componentes sobre cada eje, aplicar la segunda ley de Newton a cada eje según haya o no aceleración en él y resolver el sistema de ecuaciones planteadas (una para cada eje) con objeto de deducir el valor de la aceleración.

Los ejemplos del 18 al 24 y los ejercicios a continuación ilustran cómo aplicar las leyes de Newton.

En los Ejercicios y problemas se incluyen una serie de ejercicios para comprobar y consolidar los conocimientos adquiridos en la unidad y aplicarlos a nuevas situaciones. Estos ejercicios van acompañados de la solución para favorecer el proceso de la autoevaluación.

Comprueba lo que has aprendido pretende ser una autoevaluación. Las cuestiones y los problemas propuestos permiten repasar lo esencial de la unidad.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- ✓ Determinar el vector de posición en un instante determinado, el vector desplazamiento, la velocidad media y la instantánea y la aceleración media y la instantánea de un móvil del cual se da su ecuación de movimiento.
- ✓ Determinar el vector velocidad y el vector posición instantáneos a partir de la aceleración de un móvil y de los datos de la velocidad y de la posición del móvil en un instante cualquiera.

- ✓ Calcular el punto de encuentro de dos móviles que se desplazan en vertical, si han comenzado sus movimientos en instantes diferentes.
- ✓ Hallar, dado un objeto que se lanza desde una determinada altura diferente de cero y con un ángulo positivo o negativo: a) altura máxima; b) alcance máximo; c) tiempo que permanece en el aire; d) velocidad final y velocidad en un punto del camino.
- ✓ Determinar en un problema de movimiento circular la velocidad angular y la lineal de cierto punto en un instante, el ángulo girado, el número de vueltas efectuadas y las componentes intrínsecas de la aceleración.
- ✓ Explicar el contenido de las tres leyes de Newton, aportando ejemplos de cada una de ellas.
- ✓ Analizar el movimiento de un objeto que se encuentra sobre un plano inclinado, ya suba o baje por éste.
- ✓ Determinar la aceleración y el sentido del movimiento de un sistema de dos bloques unidos por una cuerda que se encuentran cada uno de ellos en un plano inclinado diferente, con sendos coeficientes de rozamiento. Calcular asimismo la tensión de la cuerda que los une.
- ✓ Hallar en un problema de movimiento circular sobre una superficie horizontal la velocidad lineal en cierto instante y las componentes intrínsecas de la aceleración.
- ✓ Aplicar el teorema de conservación de la cantidad de movimiento para calcular la velocidad que adquirirá el conjunto de dos masas iguales cuando chocan llevando velocidades determinadas de sentidos contrarios y quedan unidas después del choque. Aplicar dicho teorema en disparos de escopetas y en explosiones.

## UNIDAD DIDÁCTICA Nº 2

### Campo gravitatorio

#### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

- ❖ Conocer los principales modelos del universo propuestos a lo largo de la historia así como la visión actual que tenemos de él.
- ❖ Conocer y utilizar la ley de la gravitación universal y comprender su importancia.
- ❖ Entender el concepto de campo y las características de los campos de fuerzas conservativos, interpretando el concepto de energía potencial.
- ❖ Comprender qué es un campo gravitatorio, cuáles son sus características y cómo se describe y se calcula su intensidad.



- ❖ Determinar el potencial y la energía potencial creados por una o varias masas puntuales.
- ❖ Representar el campo gravitatorio mediante líneas de campo y superficies equipotenciales.
- ❖ Conocer la definición de flujo gravitatorio y entender la utilidad del teorema de Gauss.

## CONTENIDOS

### CONCEPTUALES:

1. Principales modelos del universo anteriores a Newton.
2. Visión actual del universo. Origen y futuro del universo.
3. Ley de la gravitación universal.
4. Concepto de campo. Campos de fuerzas. Campos conservativos. Energía potencial.
5. Campo gravitatorio. Intensidad del campo gravitatorio.
6. Potencial y energía potencial gravitatorios.
7. Flujo del campo gravitatorio. Teorema de Gauss.

### PROCEDIMENTALES:

- Aplicación de la ley de la gravitación universal.
- 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 masas puntuales.
- Representación del campo gravitatorio mediante líneas de campo y superficies equipotenciales.
- Aplicaciones del teorema de Gauss: determinación del campo creado por una esfera de masa.

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

La imagen de entrada de la unidad muestra el descenso de un vagón de una montaña rusa por acción de la gravedad. El texto que acompaña la imagen nos presenta la fuerza de atracción gravitatoria.

Los *Objetivos* indican las capacidades que se pretende que el alumno/a desarrolle a lo largo de la unidad.

Un esquema muestra la organización de los contenidos de la unidad.

La *Preparación de la unidad* propone el trabajo previo al estudio de ésta.

- Se recuerdan algunos conceptos básicos expuestos en cursos anteriores como energía y sus formas, trabajo, fuerzas conservativas, disipativas y gravitatorias.
- Se proponen actividades que permiten poner en práctica algunos conocimientos adquiridos anteriormente y que se emplean en esta unidad, como cálculos con vectores, cálculo de la energía cinética y potencial y del trabajo de un sistema.

### 1. La Tierra en el universo

- El apartado comienza con una breve descripción de los modelos del universo más importantes que se plantearon con anterioridad a Newton. Se destacan las etapas del método científico utilizado por Newton para desarrollar, entre otras teorías, la ley de la gravitación universal.
- A continuación, se comenta la aportación de Galileo quien, mediante la observación del firmamento con su telescopio, confirmó el modelo heliocéntrico de Copérnico. También se enuncian las leyes de Kepler sobre el movimiento de los planetas para desembocar en la interpretación que hizo Newton mediante la existencia de una fuerza a la que llamó gravedad y que mantiene a la Luna en su órbita.
- El apartado acaba dando una visión actual del universo, tal y como lo interpreta la astronomía moderna. Se exponen las teorías comúnmente aceptadas sobre el origen y el futuro del universo y se explica qué son los agujeros negros.

### 2. Fuerzas gravitatorias

- Se enuncia la ley de la gravitación universal, se ofrece su expresión matemática y se explican las principales características de las fuerzas gravitatorias.
- La ley de la gravitación universal se aplica en el ejemplo 1 para calcular la fuerza con que se atraen dos masas, una vez calculada la distancia existente entre ellas.

### 3. Concepto de campo

- Se introduce y se define el concepto de campo en física como explicación de las fuerzas que actúan a distancia y se distinguen los campos escalares y los campos vectoriales.
- Dentro de los campos vectoriales, se describen los campos de fuerzas, uniformes y centrales, se analizan los campos de fuerzas conservativos y sus propiedades, principalmente la propiedad de llevar asociada una energía potencial y se define ésta.
- Como ampliación de los contenidos anteriores, se describen y expresan matemáticamente el trabajo de una fuerza y el teorema de las fuerzas vivas.

### 4. Estudio del campo gravitatorio

- El apartado empieza con la descripción del campo gravitatorio. Para expresar sus características, se utiliza la magnitud vectorial intensidad del campo gravitatorio. Se define esta magnitud y se indica su expresión matemática y sus propiedades. El ejemplo 2 se refiere al concepto de intensidad del campo.
- A continuación, se exponen las magnitudes escalares de energía potencial gravitatoria y potencial gravitatorio. Los ejemplos 3 y 4 muestran su cálculo.
- Se estudia seguidamente la representación del campo gravitatorio. El alumno/a aprende las formas de visualizar los campos mediante representaciones gráficas: líneas de campo y superficies equipotenciales.
- La determinación del campo gravitatorio, para el caso de masas que no sean puntuales, se puede realizar por medio del

teorema de Gauss. Esto requiere conocer el concepto de flujo gravitatorio. El alumno/a aplica dicho teorema para determinar campos gravitatorios de algunas distribuciones de masa con cierta simetría, como el creado por una esfera maciza y homogénea.

- En el ejemplo 5 se trabaja el concepto de flujo. El ejemplo 6 se refiere a aplicaciones del teorema de Gauss.

En **Física y sociedad** se resume el funcionamiento de cuatro sistemas que el hombre ha inventado para escapar de la gravedad terrestre y viajar por el espacio: el avión, el helicóptero, el globo aerostático y el cohete. En las actividades propuestas para reflexionar, el alumno/a trabaja sobre estos temas.

En el **Resumen de fórmulas** se presenta una tabla con las diversas expresiones que han aparecido en esta unidad, así como su aplicación. Con este apartado se pretende que el alumno/a las memorice de forma comprensiva, para facilitar la resolución de ejercicios y problemas.

En la **Resolución de ejercicios y problemas** se incluyen dos ejercicios resueltos en los que el alumno/a encontrará modelos para aprender a razonar. En uno de ellos se calcula el campo gravitatorio y el potencial gravitatorio que un conjunto de masas puntuales crea en un punto; en otro problema se aplica el teorema de Gauss para determinar el campo y el potencial gravitatorios creados por una superficie esférica. Se proponen otros ejercicios semejantes a los anteriores.

En **Ejercicios y problemas** se incluye una serie de ejercicios para comprobar y consolidar los conocimientos adquiridos en la unidad y aplicarlos a nuevas situaciones. Estos ejercicios van acompañados de la solución para favorecer el proceso de la autoevaluación.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- Explicar cómo los diversos modelos del universo que históricamente se fueron estableciendo hasta llegar a la ley de la gravitación universal constituyen un ejemplo de desarrollo del método científico.
- Determinar la fuerza con que se atraen dos masas puntuales.
- Explicar qué es un campo conservativo y qué propiedades cumple.
- Determinar la intensidad de campo y el potencial gravitatorios que una masa puntual y un sistema de masas crean en un punto determinado.
- Representar gráficamente el campo gravitatorio creado por varias distribuciones de masa.
- Explicar la utilidad del teorema de Gauss y determinar el campo y potencial que una masa esférica crea en un punto del exterior.
- Formar grupos de trabajo y debatir el siguiente tema: aspectos positivos y negativos del desarrollo

tecnológico y científico en el transporte aéreo y en la investigación del espacio.

## UNIDAD DIDÁCTICA Nº 2

### Gravitación en el universo

#### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

- ❖ Comprender qué se entiende por campo gravitatorio terrestre y conocer la expresión de la intensidad del campo gravitatorio terrestre.
- ❖ Distinguir entre masa y peso, y conocer cómo varía esta última magnitud con la altura.
- ❖ Conocer y aplicar la relación entre la gravedad a una altura  $h$  de la superficie de la Tierra y la gravedad sobre la superficie terrestre.
- ❖ Conocer las dos expresiones de la energía potencial gravitatoria terrestre y la validez de cada una.
- ❖ Conocer y utilizar las expresiones del potencial gravitatorio terrestre, de la diferencia de potencial gravitatorio terrestre y de su relación con el trabajo.
- ❖ Describir el movimiento de planetas y satélites, y calcular la velocidad orbital, el período de revolución, la energía mecánica total y la velocidad de escape.
- ❖ Conocer las leyes de Kepler y entender su demostración.
- ❖ Valorar críticamente cómo los avances en el mundo de la ciencia influyen en el desarrollo tecnológico.
- ❖

#### CONTENIDOS

##### CONCEPTUALES:

1. Campo gravitatorio terrestre y su intensidad.
2. Peso de los cuerpos y aceleración de la gravedad.
3. Energía potencial gravitatoria terrestre, potencial gravitatorio terrestre y trabajo en el campo gravitatorio terrestre.
4. Velocidad orbital y período de revolución.
5. Energía mecánica de un satélite y velocidad de escape.
6. Leyes de Kepler.

## PROCEDIMENTALES:

- Cálculo de la intensidad del campo gravitatorio terrestre y el peso de los cuerpos a diferentes alturas, así como en diferentes planetas o satélites.
- Aplicación de la expresión de la energía potencial gravitatoria terrestre adecuada, según corresponda a grandes o pequeñas alturas.
- Descripción del movimiento de planetas y satélites mediante magnitudes como la velocidad orbital, el período de revolución, la energía mecánica de traslación y la velocidad de escape.
- Aplicación de las leyes de Kepler al cálculo de períodos de revolución y masas de los planetas.
- 

○

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

La imagen de entrada de la unidad muestra la agrupación de estrellas en una galaxia en el universo. El texto que acompaña la imagen incide en la humildad que debe caracterizar a todo científico, siendo consciente de la gran cantidad de cosas que nos quedan por descubrir.

Los *Objetivos* indican las capacidades que se pretende que el alumno/a desarrolle a lo largo de la unidad.

Un esquema muestra la organización de los contenidos de la unidad.

La *Preparación de la unidad* propone el trabajo previo al estudio de ésta.

- Se recuerdan conceptos ya conocidos como aceleración normal, movimiento circular uniforme (MCU), ley de la gravitación universal, campo gravitatorio, intensidad del campo gravitatorio y fuerza gravitatoria sobre una masa.
- Se proponen actividades que permiten poner en práctica los conocimientos adquiridos anteriormente y que se usan en esta unidad: notación científica, peso, energía potencial gravitatoria, potencial y trabajo del campo gravitatorio.

### 1. Campo gravitatorio de la Tierra

Esta unidad está enfocada a que el alumno/a vea, en el campo gravitatorio terrestre, una aplicación de lo estudiado en la unidad anterior sobre el campo gravitatorio en general. Los contenidos están agrupados en dos grandes apartados: *Campo gravitatorio de la Tierra* y *Movimiento de planetas y satélites*.

- La unidad comienza con la definición del campo gravitatorio terrestre y a continuación se define y se da la expresión matemática de la intensidad del campo gravitatorio terrestre. Ésta se calcula en el ejemplo 1.
- Se define el peso de un cuerpo y se observa cómo la intensidad del campo gravitatorio terrestre coincide con la aceleración de la gravedad. En el ejemplo 2 se calcula el peso de un satélite artificial utilizando la intensidad del campo gravitatorio.
- La expresión que relaciona la gravedad a una altura  $h$  y la gravedad sobre la superficie terrestre se utiliza en el ejemplo 3, en el que se propone determinar a qué altura sobre la superficie terrestre se reduce el peso de un cuerpo en un tanto por

ciento.

- Es muy aclaratorio el cuadro explicativo sobre las diferencias entre peso y masa. En el ejemplo 4 se aprecia esta diferencia al tiempo que se aplica la expresión de la gravedad al caso de la Luna.
- A continuación, se trata la energía potencial gravitatoria terrestre; se define y se da su expresión matemática. En un cuadro de texto se discute la validez de la expresión  $E_p = m g h$ .
- Seguidamente, se trabaja el potencial gravitatorio terrestre en un punto, se da su definición y su expresión matemática. Se analiza la relación entre el potencial en un punto y la energía potencial que posee una masa  $m$  colocada en ese punto. Finalmente, se relaciona el trabajo en el campo gravitatorio terrestre con la diferencia de potencial gravitatorio entre dos puntos.
- El ejemplo 5 sirve para consolidar los conocimientos anteriores.

## 2. Movimiento de planetas y satélites

Esta segunda parte de la unidad puede resultar motivadora por su actualidad e interés en el campo de la investigación espacial.

- El apartado comienza con la descripción del movimiento de planetas y satélites. Se calculan la velocidad orbital y el período de revolución. Los ejemplos 6 y 7 trabajan estos conceptos.
- Después se calcula la energía mecánica total que poseen los satélites, así como la velocidad mínima para escapar de la atracción terrestre, la llamada velocidad de escape. Los ejemplos 8 y 9 sirven para aplicar estos contenidos.
- El cuadro de texto titulado *Puesta en órbita de un satélite* explica las etapas necesarias para colocar un satélite artificial a cierta altura de la superficie terrestre con diversas finalidades (envío de datos meteorológicos, retransmisión de señales de TV o teléfono, toma de fotografías de la superficie terrestre, experimentos en ausencia de gravedad...).
- El último punto del apartado corresponde al enunciado y la demostración de las leyes de Kepler. Como resultado de su demostración y su análisis, se llega a un resultado interesante y atractivo: mediante la tercera ley de Kepler se tiene la posibilidad de calcular las masas de los planetas, como muestra el ejemplo 10.

En **Física y sociedad** se destacan los principales hitos en la historia de los vuelos espaciales. En el cuadro correspondiente a las actividades propuestas para reflexionar, el alumno/a trabaja sobre estos temas.

En el **Resumen de fórmulas** se presenta una tabla con las diversas expresiones que han aparecido en esta unidad, así como su aplicación. Con este apartado se pretende que el alumno/a las memorice de forma comprensiva, para facilitarle la resolución de ejercicios y problemas.

En la **Resolución de ejercicios y problemas** se incluyen tres ejercicios resueltos de los que el alumno/a obtiene modelos para aprender a razonar. Se ponen en práctica contenidos como la intensidad del campo gravitatorio y el potencial gravitatorio terrestres, la velocidad orbital, el período de revolución, la energía mecánica de un satélite y la aceleración de la gravedad de una partícula a cierta altura de la superficie terrestre. Los ejercicios propuestos, semejantes a los anteriores, ayudan a comprender los conocimientos expuestos en la unidad.

En **Ejercicios y problemas** se incluye una serie de ejercicios para comprobar y consolidar los conocimientos adquiridos en la unidad y aplicarlos a nuevas situaciones. Estos ejercicios van acompañados de la solución para favorecer el proceso de la autoevaluación.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- ✓ Elaborar, siguiendo el esquema inicial de la unidad, un resumen con las definiciones y las expresiones correspondientes de las magnitudes más importantes estudiadas.
- ✓ Calcular la intensidad de campo y el potencial gravitatorio sobre la superficie terrestre y lunar y a determinada altura sobre la superficie.
- ✓ Determinar masas y pesos de objetos en diferentes planetas y satélites y a diferentes alturas.
- ✓ Calcular la altura a la que las gravedades terrestre y lunar disminuyen en un determinado tanto por ciento.
- ✓ Calcular potenciales gravitatorios, energías potenciales gravitatorias y trabajos realizados por el campo gravitatorio.
- ✓ Determinar velocidades orbitales y períodos de revolución de satélites.
- ✓ Determinar energías mecánicas y velocidades de escape de objetos en un campo gravitatorio.
- ✓ Explicar cómo pueden calcularse las masas de los planetas.
- ✓ Calcular masas de planetas a partir de la tercera ley de Kepler.
- ✓ Usar correctamente las unidades del SI y utilizar factores de conversión para realizar los cambios de unidades.

## UNIDAD DIDÁCTICA Nº6

### Movimientos vibratorios

#### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

- ❖ Distinguir entre movimientos periódicos, vibratorios u oscilatorios y armónicos simples (MAS).
- ❖ Conocer las expresiones de la posición (elongación), la velocidad y la aceleración de un móvil con MAS y saberlas aplicar en los casos prácticos.
- ❖ Determinar las características de un MAS: amplitud, período, frecuencia y pulsación.
- ❖ Entender la relación existente entre el MAS y el MCU.

- ❖ Reconocer las fuerzas recuperadoras elásticas como responsables del MAS.
- ❖ Conocer las expresiones de las energías cinética, potencial y mecánica de un móvil con MAS y saberlas aplicar en los casos prácticos.
- ❖ Conocer las características del MAS del péndulo simple.
- ❖ Reconocer los movimientos oscilatorios amortiguados, oscilaciones forzadas y los fenómenos de resonancia.
- ❖ Aprender las aplicaciones de los conocimientos científicos a distintos ámbitos de la sociedad.

## CONTENIDOS

### CONCEPTUALES:

1. Movimientos periódicos, oscilatorios y armónicos simples.
2. Amplitud, período, frecuencia y pulsación de un MAS.
3. Ecuaciones de la elongación, de la velocidad y de la aceleración de un móvil con MAS.
4. Relación entre el MAS y el MCU.
5. Fuerzas recuperadoras elásticas como generadoras del MAS.
6. Energías cinética, potencial elástica y mecánica total de un móvil con MAS.
7. Péndulo simple.

### PROCEDIMENTALES:

- Representación gráfica de la elongación de un MAS en función del tiempo.
- Dedución de la amplitud, el período, la frecuencia y la pulsación a partir de la ecuación de la elongación.
- Dedución de las ecuaciones de la velocidad y de la aceleración de un MAS a partir de la ecuación de la elongación.
- Representación gráfica de la velocidad y la aceleración de un MAS en función del tiempo.
- Comparación entre el MAS y el MCU.
- Dedución del MAS de muelles de determinadas características.
- Cálculo de las energías cinética, potencial y mecánica del MAS producido por muelles.
- Determinación de las características del MAS de péndulos simples.



## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

La imagen de entrada de la unidad representa un grabado correspondiente a una demostración del péndulo de Foucault. El texto que acompaña la imagen resalta la presencia de los movimientos oscilatorios en la mayor parte de los procesos estables de la naturaleza.

Los Objetivos indican las capacidades que se pretende que el alumno/a desarrolle a lo largo de la unidad.

Un esquema muestra la organización de los contenidos de la unidad.

La *Preparación de la unidad* contiene definiciones y actividades con la finalidad de evocar los contenidos necesarios para abordarla.

- Se recuerdan conceptos como la ley de Hooke, la relación entre el arco, el ángulo y el radio, el momento de inercia de una partícula respecto de un eje y las razones trigonométricas de algunos ángulos.

En la unidad se distinguen tres grandes apartados: *Movimiento vibratorio armónico simple*, *Oscilador armónico simple* y *Otros movimientos vibratorios*.

### 1. Movimiento vibratorio armónico simple

- Comienza la unidad tratando los movimientos periódicos en general. Mediante los ejemplos de los MCU efectuados por las agujas de un reloj o por la Luna alrededor de la Tierra, se explica lo que significa que un movimiento sea periódico, así como lo que se conoce por período.
- A continuación, se pasa al caso concreto de los movimientos vibratorios u oscilatorios, que también son periódicos, pero no circulares. Se ponen como ejemplo los movimientos de un péndulo, de un muelle o de las cuerdas de un instrumento musical. Se analiza en profundidad y gráficamente este tipo de oscilaciones en el caso de un muelle.
- Como se conoce el tipo de fuerzas que ejerce el muelle cuando se deforma, fuerzas recuperadoras elásticas, se llega a la conclusión de que el movimiento del muelle es debido a la actuación de dichas fuerzas. Este movimiento se denomina armónico simple, MAS, y es un caso particular de los movimientos vibratorios.
- Para describir completamente el MAS deben obtenerse las ecuaciones que permitan conocer la posición, la velocidad y la aceleración de una partícula en un instante dado. Esto es lo que se trata en las *ecuaciones del movimiento armónico simple*. Antes de ello, se presentan en un cuadro y se definen las características de este movimiento: oscilación, centro de oscilación, elongación, amplitud, período, frecuencia y pulsación.
- Seguidamente, se pasa a ver la ecuación fundamental del MAS y se representa gráficamente la elongación en función del tiempo. En el ejemplo 1 puede verse cómo se deducen las características del movimiento a partir de dicha ecuación. Es importante hacer entender al alumno/a que la ecuación de un MAS siempre es sinusoidal, con seno o coseno, con fase inicial o sin ella; estas variaciones dependen únicamente del punto en donde se comienza a medir el tiempo, esto es, de lo que vale  $x$  para  $t = 0$ .
- Después, se calcula la velocidad derivando la ecuación de la posición, como se ve en el ejemplo 2. El alumno/a debe comprender que también es periódica y que cumple unas determinadas condiciones en los extremos (es nula) y en el centro (tiene valor máximo o mínimo). Es importante que entienda e interprete la gráfica que representa la velocidad en función del tiempo.
- Por último, para calcular la aceleración, se deriva la ecuación de la velocidad. El alumno/a debe saber que también es periódica y que cumple unas determinadas condiciones en los extremos (es máxima o mínima) y en el centro (es nula). Conviene que entienda e interprete la gráfica que representa la aceleración en función del tiempo. En el ejemplo 3 se calculan la posición, la velocidad y la aceleración en un MAS en función del tiempo.

- Para acabar de entender el MAS analizándolo desde otro punto de vista, se expone la comparación del MAS y el MCU. Al relacionar estos dos movimientos, el alumno/a comprende mejor las constantes que aparecen en las ecuaciones del MAS.

## 2. Oscilador armónico simple

Efectuado el estudio cinemático del MAS, falta completarlo con el estudio dinámico y energético.

- A partir de la ecuación de la aceleración del MAS, puede calcularse la fuerza que debe actuar sobre una masa para que oscile con ese movimiento; es lo que se estudia en la dinámica del oscilador armónico simple. Se llega a la conclusión conocida de que son las fuerzas recuperadoras elásticas las que producen el MAS.
- A continuación, se deducen las relaciones entre la pulsación y el período del MAS con la masa del móvil y la constante recuperadora K. Esta conexión entre las fuerzas de recuperación elásticas, como las de un muelle, y el movimiento que producen se analiza en el ejemplo 4.
- Seguidamente, se estudia el aspecto energético del MAS en la energía del oscilador armónico simple. Se pretende que el alumno/a vea cómo el punto que describe un MAS posee energía cinética por el hecho de tener velocidad en todo momento y energía potencial elástica por la acción de una fuerza conservativa (la fuerza recuperadora elástica).
- A pesar de que las energías cinética y potencial tienen valores diferentes en cada momento y en cada posición, la energía mecánica, que es la suma de ambas, es constante, y este resultado es congruente con la acción de fuerzas conservativas. El ejemplo 5 sirve para trabajar los contenidos anteriores.
- Finalmente, se estudia el péndulo simple. Este oscilador armónico se toma como ejemplo de sistema que describe un MAS cuando las oscilaciones son pequeñas, según se demuestra. A continuación, se deducen el período y la pulsación del MAS del péndulo simple, y se observa de qué elementos dependen, llegando a la conclusión de que esas magnitudes no son ni la masa que cuelga del péndulo, ni la amplitud de las oscilaciones (mientras sean pequeñas), como se ve en el ejemplo 6.

En **Física y sociedad** se describen fenómenos curiosos y reales que ocurren o han ocurrido como consecuencia del efecto de la resonancia. En el cuadro correspondiente a las actividades propuestas para reflexionar, el alumno/a trabaja sobre estos temas.

En el **Resumen de fórmulas** se presenta un esquema organizado según las secuencias de aprendizaje con las expresiones matemáticas que se han visto en los apartados *Movimiento vibratorio armónico simple* y *Oscilador armónico simple*. Su finalidad es que el alumno/a repase, consolide e interiorice las fórmulas que han aparecido.

**Ideas clave**, como su nombre indica, pretende ser un resumen de las ideas principales que el alumno/a debe haber adquirido al finalizar la unidad.

En la **Resolución de ejercicios y problemas** se incluyen tres ejercicios resueltos en los que el alumno/a halla modelos para aprender a razonar. Se trabaja la determinación de movimientos armónicos simples desde el punto de vista cinemático y desde el punto de vista energético. Se proponen varios ejercicios semejantes.

En **Ejercicios y problemas** se incluye una serie de ejercicios para comprobar y consolidar los conocimientos adquiridos en la unidad y aplicarlos a nuevas situaciones. Estos ejercicios van acompañados de la solución para favorecer el proceso de la autoevaluación.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- ✓ Elaborar, siguiendo el esquema del principio de la unidad, un resumen con las definiciones y las expresiones correspondientes de todas las magnitudes que se han estudiado.
- ✓ Hallar, partiendo de la ecuación fundamental de un MAS, la velocidad y la aceleración, y representar gráficamente las tres funciones.
- ✓ Explicar la relación entre las fuerzas recuperadoras elásticas y el MAS, deduciendo la expresión del período en función de la masa  $m$  y de la constante  $K$ .
- ✓ Deducir las expresiones de la energía cinética, de la potencial y de la mecánica total de un oscilador armónico.
- ✓ Determinar, dada la ecuación de la elongación de un MAS, sus constantes características (amplitud, período, frecuencia y pulsación), así como las expresiones de su velocidad y su aceleración.
- ✓ Determinar la expresión de un MAS, sus constantes características, su velocidad y su aceleración.
- ✓ Calcular, en resortes, las constantes características: elongación, velocidad y/o aceleración.
- ✓ Determinar magnitudes energéticas del MAS.
- ✓ Resolver cuestiones relativas a péndulos.
- ✓ Determinar las constantes características de péndulos.

## UNIDAD DIDÁCTICA Nº 7

### Movimiento ondulatorio

#### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

- ❖ Comprender qué se entiende por movimiento ondulatorio.
- ❖ Conocer qué caracteriza a las ondas mecánicas y a las electromagnéticas.
- ❖ Distinguir las características de las ondas transversales y de las longitudinales.
- ❖ Reconocer las magnitudes características de las ondas armónicas: amplitud, longitud de onda, período y frecuencia.

- ❖ Entender el significado de la ecuación de onda y comprender su doble periodicidad.
- ❖ Evaluar la energía y la intensidad de una onda armónica, conociendo los factores que hacen disminuir la intensidad de una onda con la distancia: atenuación y absorción.
- ❖ Expresar el mecanismo de formación de las ondas sonoras.
- ❖ Conocer las diferentes maneras de determinar la velocidad del sonido según se propague en sólidos, en líquidos o en gases.
- ❖ Distinguir las cualidades del sonido.
- ❖ Valorar la repercusión negativa sobre nuestra salud que tienen los ruidos que nos rodean en la vida diaria.

## CONTENIDOS

### CONCEPTUALES:

1. Concepto de movimiento ondulatorio y de onda.
2. Clasificación de las ondas: mecánicas y electromagnéticas.
3. Ondas mecánicas transversales y longitudinales. Velocidad.
4. Ondas armónicas y sus características: amplitud, longitud de onda, período y frecuencia.
5. Función de onda. Número de ondas. Doble periodicidad de la función de onda. Puntos en fase y en oposición de fase.
6. Energía e intensidad de una onda armónica; atenuación y absorción de las ondas.
7. Definición del sonido y de las ondas sonoras; mecanismo de formación.
8. Velocidad de las ondas sonoras en distintos medios: sólidos, líquidos y gases.
9. Cualidades del sonido: intensidad, tono y timbre.
10. Contaminación acústica.
11. Ultrasonidos. Aplicaciones.

### PROCEDIMENTALES:

- Cálculo de la velocidad de las ondas transversales en una cuerda.
- Determinación de las características de una onda armónica.
- Determinación de la función de onda, del número de ondas y de las ecuaciones de la velocidad y de la aceleración de las partículas del medio.
- Comprobación de la doble periodicidad de la función de onda.
- Determinación de la energía mecánica total y de la intensidad de una onda, así como de su disminución con la distancia.
- Cálculo de la amplitud y la intensidad de las ondas a cierta distancia del foco emisor.
- Cálculo de la velocidad y la intensidad de las ondas sonoras.

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

La imagen de entrada de la unidad muestra la desembocadura de un río en el mar y en ella podemos apreciar la formación de olas en el agua. El texto que acompaña la imagen nos recuerda que en la mayor parte de las acciones que realizamos en nuestra vida diaria está presente el movimiento ondulatorio, de ahí su importancia para la física.

Los *Objetivos* indican las capacidades que se pretende que el alumno/a desarrolle a lo largo de la unidad.

Un esquema muestra la organización de los contenidos de la unidad.

La *Preparación de la unidad* contiene definiciones y actividades con la finalidad de evocar los contenidos necesarios para abordarla.

- Se recuerda el concepto de MAS, la relación entre la aceleración y la elongación, las ecuaciones de la elongación, de la velocidad y de la aceleración en función del tiempo y la expresión de la energía mecánica total del oscilador armónico.
- Se proponen actividades que permiten poner en práctica los conocimientos adquiridos anteriormente y que se usarán en esta unidad: definir las características de los movimientos periódicos, determinar las magnitudes características de un MAS concreto, explicar el significado del logaritmo y expresar las unidades de la densidad y de la presión en el SI.

### 1. Ondas

- Se empieza la unidad estableciendo, mediante unos ejemplos, las características generales de los movimientos ondulatorios: propagación no instantánea de una perturbación y transmisión de energía, pero no de materia.
- A continuación, se da una clasificación de las ondas según necesiten o no de un medio material por el que transmitirse: ondas mecánicas y ondas electromagnéticas.

### 2. Ondas mecánicas

- Se inicia el apartado indicando que el estudio se centra en las ondas mecánicas, aunque muchos de los conceptos y las propiedades son aplicables a las ondas electromagnéticas. A continuación, se efectúa su clasificación en ondas transversales y longitudinales, aportando al alumno/a los ejemplos de la cuerda y el resorte. En un cuadro al margen se describe la naturaleza de las ondas superficiales en el agua.
- El apartado finaliza con el estudio de la velocidad de las ondas mecánicas. Se evocan unos fuegos artificiales para reparar en el hecho de que la velocidad de la luz es mayor que la del sonido y dar a continuación el concepto de velocidad de propagación, que depende de las propiedades del medio en el que tiene lugar la transmisión y de la naturaleza de la onda. Al margen, se da la expresión de la velocidad de las ondas en una cuerda que se calcula en un caso concreto en el ejemplo 1.

### 3. Ondas armónicas

- Se destaca el interés de las ondas armónicas y a continuación se definen. Se estudian las características de las ondas armónicas transversales y longitudinales: amplitud, período, frecuencia y longitud de onda. El ejemplo 2 permite trabajar la relación de la longitud de onda y la frecuencia con la velocidad de la onda.
- Seguidamente se analiza la función de onda. Se presenta como la ecuación que da la posición de todas las partículas del medio en función del tiempo. Se deduce para ondas transversales y unidimensionales.
- Para continuar con el estudio de la función de onda se introduce el número de ondas; éste, junto con la pulsación, permite obtener una expresión más sencilla de la función de onda.
- El ejemplo 3 es un modelo de cómo determinar las características de la onda a partir de la función de onda y calcular las ecuaciones de la velocidad y de la aceleración de las partículas del medio. Se debe hacer hincapié en la existencia de dos velocidades: la de la onda y la de cada partícula del medio que se mueve alrededor de su posición de equilibrio siguiendo un MAS.
- Se termina el estudio con la doble periodicidad de la función de onda. La expresión matemática de la función de onda revela que el movimiento ondulatorio es doblemente periódico. El ejemplo 4 se refiere a todas las relaciones enunciadas entre la función de onda, sus derivadas y sus magnitudes características.
- Después de estudiar a fondo la función de onda, se analizan otros aspectos de las ondas armónicas en *Energía de una onda armónica*. Ya se ha explicado que las ondas transportan energía; las partículas del medio deben ponerse a oscilar cuando les llega la perturbación y, para ello, necesitan energía. La cantidad energética que transporta una onda se calcula sumando la energía cinética y la potencial que posee cada partícula del medio. Hay que destacar el resultado final: la energía depende del cuadrado de la amplitud y del cuadrado de la frecuencia de la onda. Una vez vista la energía que debe llegar a las partículas, se estudia la intensidad de las ondas. La energía calculada en el punto anterior se propaga a través del medio y se reparte por sus partículas. La intensidad de la onda mide este reparto de la energía.
- Por último, se estudian los mecanismos por los que la intensidad de una onda disminuye con la distancia en *Atenuación y absorción de las ondas*. El alumno/a, por medio del ejemplo 5, puede calcular la intensidad como la energía que se transmite por unidad de tiempo y por unidad de superficie perpendicular a la dirección de propagación de la onda, y entender de esta forma los motivos por los que esta intensidad disminuye con la distancia en las ondas esféricas.

### 4. Ondas sonoras

Éstas son un ejemplo de ondas armónicas que el alumno/a puede entender fácilmente porque le resultan cotidianas, pero no sabe aún cómo se generan, se propagan y se transmiten; esto es lo que se ve a continuación.

- Como introducción, se define lo que es el sonido y las frecuencias a las que es sensible el oído humano. Se expone mediante texto e imágenes el mecanismo de formación de las ondas sonoras, que son el ejemplo más importante de ondas longitudinales. Es de muchísimo interés analizar este mecanismo, ya que ayuda a entenderlas y es de fácil comprensión.
- A continuación, en *Velocidad de las ondas sonoras*, se analiza la dependencia de la velocidad de propagación del sonido con el tipo de medio por el que se propaga. Se dan las expresiones de la velocidad del sonido en sólidos, en líquidos y en gases. Con estos datos, el alumno/a puede explicarse muchos fenómenos conocidos que ocurren con el sonido. El ejemplo 6 sirve para afianzar los conocimientos sobre la velocidad del sonido.
- A continuación, se describen las cualidades del sonido: intensidad, tono y timbre. En cuanto a la intensidad sonora se distingue entre objetiva y subjetiva, se determina el intervalo de intensidades sonoras que puede percibir el oído humano y su nivel. Este último se mide en decibelios, unidad que el alumno/a ha oído nombrar en multitud de ocasiones, aunque no sepa lo que significa. El ejemplo 7 es adecuado para que lo comprenda al ponerlo en práctica. Respecto a las dos últimas cualidades, el tono y el timbre, es importante hacer hincapié en sus diferencias, ya que cuesta distinguirlos.
- Hay que destacar, por su interés práctico para el alumno/a, las explicaciones sobre el oído humano que se encuentran en

el cuadro titulado *Recepción del sonido*. Se estudian las partes del oído y el mecanismo que utiliza para captar las ondas sonoras y transformarlas en sensaciones sonoras en el cerebro.

- Finalmente, se analizan los inconvenientes de la llamada contaminación acústica, los efectos nocivos del ruido excesivo, para que el alumno/a se conciencie y se responsabilice.

En **Física y Sociedad** se describen diversas aplicaciones de los ultrasonidos. En el cuadro correspondiente a las actividades propuestas para reflexionar, los alumnos trabajan sobre estos temas.

En el **Resumen de fórmulas**, se presenta un esquema organizado según las secuencias de aprendizaje con las expresiones matemáticas que se han visto en los apartados *Ondas armónicas* y *Ondas sonoras*. Su finalidad es que el alumno/a repase, consolide e interiorice las fórmulas que han aparecido.

**Ideas clave**, como su nombre indica, pretende ser un resumen de las ideas principales que el alumno/a debe haber interiorizado al finalizar la unidad.

En la **Resolución de ejercicios y problemas** se incluyen cuatro ejercicios resueltos en los que el alumno/a encuentra modelos para aprender a razonar. En ellos se ponen en práctica contenidos como: cálculo de la velocidad de propagación de una onda, velocidad de vibración, aceleración de los puntos del medio y cálculo de la función de onda a partir de la amplitud, frecuencia y longitud de onda. Se proponen varios ejercicios semejantes a los resueltos.

En **Ejercicios y problemas** se incluye una serie de ejercicios para comprobar y consolidar los conocimientos adquiridos en la unidad y aplicarlos a nuevas situaciones. Estos ejercicios van acompañados de la solución para favorecer el proceso de la autoevaluación.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- ✓ Deducir la ecuación de una onda transversal en una dimensión y explicar su doble periodicidad.
- ✓ Determinar la función de una onda a partir de su amplitud, su frecuencia y su longitud de onda.
- ✓ Calcular la frecuencia, el período, la longitud de onda, la pulsación y el número de ondas de una onda cuya función se conoce.
- ✓ Determinar la velocidad de una onda y la de un punto del medio.
- ✓ Calcular la función de onda, la velocidad y la aceleración de los puntos del medio en función del tiempo, conocidas las magnitudes características del movimiento ondulatorio.
- ✓ Calcular la velocidad del sonido en distintos medios a partir de las características de éstos.

- ✓ Averiguar cuál es la longitud de onda de un sonido en el aire y en el agua, si se conoce su frecuencia en el aire y las velocidades de propagación del sonido en el aire y en el agua.
- ✓ Calcular el tiempo que tarda el sonido en recorrer ciertas distancias a través de un sólido y del aire.
- ✓ Determinar la intensidad y el nivel de intensidad de una onda sonora a diferentes distancias si se conoce la potencia con la que ha sido emitida.
- ✓ Presentar un informe acerca de la contaminación acústica en el entorno próximo y sus soluciones posibles.

## UNIDAD DIDÁCTICA Nº 7

DURACIÓN: 10 h

### Fenómenos ondulatorios

#### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

- ❖ Conocer el principio de Huygens y utilizarlo para interpretar cómo se propagan las ondas y los fenómenos de difracción, reflexión y refracción.
- ❖ Entender qué es la difracción y la influencia en ella de la longitud de la onda incidente.
- ❖ Conocer las leyes de la reflexión y de la refracción.
- ❖ Entender qué es la polarización de las ondas transversales y describir sus clases.
- ❖ 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, identificando los dos casos extremos.
- ❖ Utilizar el principio de superposición para deducir la ecuación de las ondas estacionarias, distinguiendo los vientres y los nodos.
- ❖ Aplicar los conocimientos de las ondas estacionarias a los instrumentos musicales de cuerda y viento.

#### CONTENIDOS

##### CONCEPTUALES:

1. Rayos y frentes de onda. Principio de Huygens.
2. Difracción.
3. Leyes de la reflexión y de la refracción.



4. Polarización. Tipos de polarización.
5. Principio de superposición.
6. Interferencia de dos ondas armónicas coherentes. Interferencia constructiva y destructiva.
7. Ondas estacionarias. Vientres y nodos de la onda estacionaria.

### **PROCEDIMENTALES:**

- Construcción gráfica de la reflexión y la refracción a partir del principio de Huygens.
- Aplicación de las leyes de la refracción.
- Deducción de la ecuación de la onda resultante de la interferencia de dos ondas armónicas coherentes.
- Deducción y aplicación de las condiciones de interferencia constructiva y destructiva.
- Calcular la frecuencia de la pulsación y el período a partir de las ecuaciones de las ondas que interfieren.
- Deducción de la ecuación de la onda estacionaria.
- Deducción del número y posición de vientres y nodos y de la distancia entre ellos.
- Determinación de los modos normales de vibración en cuerdas y tubos a partir de la ecuación de la onda estacionaria. Aplicación a los instrumentos musicales.

### **ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

La imagen de entrada de la unidad muestra una torre de comunicaciones. El texto que acompaña la imagen nos recuerda que la transmisión de las señales de TV, radio, telefonía... tiene lugar mediante ondas.

Los *Objetivos* indican las capacidades que se pretende que el alumno/a desarrolle a lo largo de la unidad.

Un esquema muestra la organización de los contenidos de la unidad.

La *Preparación de la unidad* propone el trabajo previo al estudio de ésta.

- Se recuerda: el concepto de onda y el de onda armónica, la relación entre la longitud de onda y la velocidad de la onda, la ecuación de las ondas armónicas, la concordancia y la oposición de fase, la relación entre la frecuencia y el tono del sonido y la definición de hipérbola.
- Se proponen actividades que permiten poner en práctica los conocimientos adquiridos anteriormente y que se usarán en esta unidad, como: definir onda mecánica, transversal y longitudinal, distinguir la velocidad de propagación de la onda de la velocidad de vibración de cada partícula, determinar la amplitud, la longitud de onda, el número de ondas y la velocidad de una onda dada.

## 1. Fenómenos básicos

- Se inicia la unidad estableciendo el principio de Huygens, que permite interpretar muchos fenómenos ondulatorios, como la difracción, la reflexión y la refracción. Para la comprensión de dicho principio se comienza por definir los siguientes conceptos: superficie o frente de onda, rayo y superficie de onda plana.
- Mediante dicho principio se interpreta y analiza, en primer lugar, la difracción, que se representa gráficamente mediante una imagen. Este fenómeno resulta abstracto para el alumno/a puesto que es difícil de observar, aunque con el sonido se percibe en muchísimas ocasiones.
- A continuación, se describen la reflexión y la refracción, y se establecen sus leyes. Es importante que el alumno/a aprecie la relación entre el frente de onda y el rayo, ya que este último simplifica mucho la interpretación de dichos fenómenos. Además, su descripción gráfica ayuda al alumno/a a asimilarlos. Con el ejemplo 1 se pone en práctica la relación entre la longitud de onda, la velocidad y la frecuencia de la onda, y se calcula el índice de refracción relativo del medio en el que se propaga ésta respecto de otro de referencia.
- Por último, se describe la polarización. De todos los fenómenos que se han visto hasta ahora resulta el más difícil de entender para el alumno/a; por ello la explicación se acompaña de las representaciones gráficas de dicho fenómeno, que pueden ayudar en su comprensión.

## 2. Fenómenos por superposición de ondas

Este apartado aborda el estudio de los fenómenos que tienen lugar cuando, en un punto del espacio, coinciden dos ondas al mismo tiempo.

- Se inicia el apartado enunciando el principio de superposición, para pasar a estudiar, en primer lugar, la interferencia de dos ondas armónicas coherentes. Se calcula la expresión de la suma de las funciones de onda de dos como las citadas, totalmente iguales, destacando que esta suma da lugar a otra onda de amplitud variable. Después se pasa a analizar las condiciones necesarias para que la amplitud de la resultante sea máxima o mínima, esto es, para que haya interferencia constructiva o destructiva.
- La interferencia de dos ondas armónicas coherentes se pone en práctica en el ejemplo 2; en él se empieza escribiendo la expresión de la onda resultante, de la que luego se deduce la amplitud en un punto determinado del medio y la ecuación de los lugares geométricos donde se encuentran los nodos o mínimos.
- A continuación, se estudia el fenómeno que tiene lugar cuando en un punto del espacio se superponen dos ondas de frecuencias ligeramente distintas; se trata de las pulsaciones. El profesor/a debe precisar la diferencia entre la interferencia de dos ondas idénticas y las pulsaciones, que al alumno/a le pueden resultar muy semejantes si únicamente se indica que la amplitud de la onda resultante varía periódicamente.
- En el ejemplo 3 se calculan la frecuencia promedio, la frecuencia de las pulsaciones y su período.
- La última aplicación del principio de superposición es la correspondiente a las ondas estacionarias. Su expresión se deduce aplicando a la suma de las dos ondas que interfieren (iguales y que se propagan en la misma dirección pero sentido contrario) las relaciones trigonométricas del seno y coseno de la suma y de la diferencia de ángulos. En el caso de las ondas estacionarias es muy importante analizar la expresión resultante y observar que las variables  $x$  y  $t$  no están dentro de la misma función sinusoidal, por tanto esta superposición no da como resultado una onda, a pesar de su nombre.
- Así como el nombre de ondas no se corresponde con la realidad, el de estacionarias, sí. Este indica cómo la energía en este caso no se desplaza porque no puede pasar a través de los nodos, ya que éstos no se mueven nunca; la energía queda, por tanto, estacionada entre nodo y nodo. Se presentan los cálculos de las posiciones de vientres y nodos y de las distancias entre ellos, los cuales se ponen en práctica en el ejemplo 4.
- La aplicación práctica de las ondas estacionarias a los instrumentos musicales de cuerda y viento que se realiza a

continuación resulta interesante al alumno/a ya que con ello aprecia la utilidad de lo estudiado. Aún le resulta más atractivo si, como se supone, tiene unas nociones básicas de música. En el ejemplo 5 se pone en práctica la relación entre la longitud de una cuerda, el número de nodos, la velocidad de la onda y la ecuación de la onda estacionaria.

En **Física y sociedad** se analiza la acústica de locales, ciencia que estudia la propagación del sonido en recintos cerrados y las condiciones que éstos han de reunir para lograr una buena percepción del sonido.

En el **Resumen de fórmulas** se presenta un esquema organizado según las secuencias de aprendizaje con las expresiones matemáticas que se han visto en esta unidad. Su finalidad es que el alumno/a repase, consolide e interiorice las fórmulas que han aparecido a lo largo de ella.

**Ideas clave**, como su nombre indica, pretende ser un resumen de las ideas principales que el alumno/a debe interiorizar a lo largo de la unidad.

En la **Resolución de ejercicios y problemas** se incluyen dos ejercicios resueltos en los que el alumno/a halla modelos para aprender a razonar. En ellos se ponen en práctica los contenidos referentes a las ondas estacionarias y al efecto Doppler. Se proponen otros ejercicios semejantes.

En **Ejercicios y problemas** se incluye una serie de ejercicios para comprobar y consolidar los conocimientos adquiridos en la unidad y aplicarlos a nuevas situaciones. Estos ejercicios van acompañados de la solución para favorecer el proceso de la autoevaluación.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- ✓ Enunciar el principio de Huygens.
- ✓ Explicar brevemente el fundamento de la difracción, la reflexión, la refracción y la polarización.
- ✓ Explicar qué establece el principio de superposición.
- ✓ Explicar con palabras propias los fenómenos interferencia, pulsaciones y ondas estacionarias.
- ✓ Calcular el ángulo de refracción y la velocidad de una onda al cambiar de medio.
- ✓ Escribir la ecuación de la onda resultante de la interferencia de dos ondas y determinar si hay interferencia constructiva o destructiva en un punto concreto.
- ✓ Determinar la ecuación de una onda estacionaria.
- ✓ Determinar las ecuaciones o las características de las ondas que dan lugar a una onda estacionaria determinada.

- ✓ Determinar las frecuencias propias, la fundamental y los armónicos de un instrumento musical.
- ✓ Realizar los cálculos de los ejercicios con claridad y orden.

## UNIDAD DIDÁCTICA Nº 3

### Campo eléctrico

#### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

- ❖ Saber qué se entiende por carga eléctrica y qué quiere decir que un cuerpo está cargado.
- ❖ Conocer las propiedades de la carga eléctrica.
- ❖ Conocer la ley de Coulomb y utilizarla para calcular fuerzas eléctricas.
- ❖ Entender las definiciones y las expresiones de intensidad de campo eléctrico, energía potencial eléctrica y potencial eléctrico.
- ❖ Conocer la relación entre el trabajo y el potencial eléctricos.
- ❖ Conocer las formas de representación gráfica del campo eléctrico mediante líneas de campo y superficies equipotenciales.
- ❖ Saber qué es y cómo se calcula el flujo del campo eléctrico.
- ❖ Entender la utilidad del teorema de Gauss.
- ❖ Distinguir materiales conductores de materiales aislantes y sus clases.
- ❖ Conocer las expresiones de la capacidad y de la energía potencial que almacena un condensador en general y un condensador plano en particular.
- ❖ Determinar la capacidad resultante de un conjunto de condensadores asociados en serie y en paralelo.
- ❖ Conocer algunas de las aplicaciones tecnológicas de la ciencia en el bienestar de la sociedad.

#### CONTENIDOS

##### CONCEPTUALES:

1. Fuerzas eléctricas.
2. Carga eléctrica. Propiedades.

3. Ley de Coulomb.
4. Campo eléctrico. Intensidad de campo eléctrico. Potencial eléctrico.
5. Energía potencial electrostática.
6. Aplicaciones de la electrostática.

### PROCEDIMENTALES:

- Aplicación de la ley de Coulomb al cálculo de fuerzas entre cargas eléctricas.
- Aplicación del método general de resolución de problemas al cálculo de la intensidad de campo eléctrico, del potencial eléctrico, de la energía potencial eléctrica y del trabajo.
- Representación del campo eléctrico: líneas de campo y superficies equipotenciales.
- Cálculo del flujo del campo eléctrico.
- Relación entre el campo y el potencial eléctricos.

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

• La imagen de entrada de la unidad muestra la iluminación nocturna de una ciudad. El texto que acompaña la imagen resalta el papel fundamental de la electricidad como forma de energía que llega al consumidor y mecanismo básico de la vida doméstica.

Los *Objetivos* indican las capacidades que se pretende que el alumno/a desarrolle a lo largo de la unidad.

Un esquema muestra la organización de los contenidos de la unidad.

La *Preparación de la unidad* propone el trabajo previo al estudio de ésta.

- Se recuerdan conceptos como tipos de carga, atracción y repulsión entre cargas, componentes de una fuerza, trabajo de las fuerzas eléctricas y su relación con la energía potencial y campo de fuerzas.
- Se proponen actividades que permiten poner en práctica algunos conocimientos adquiridos anteriormente y que se usarán en esta unidad: distinguir entre cuerpo neutro y cargado, describir una experiencia de electrización por frotamiento, distinguir los materiales conductores y los aislantes, explicar el significado de campo de fuerzas uniforme y de campo de fuerzas central.

### 1. Fuerzas eléctricas

- La unidad empieza explicando cómo las fuerzas eléctricas están presentes en la vida diaria: en una lámpara, en el frigorífico, en los diversos medios de transporte, etc.
- A continuación, en *Carga eléctrica*, se describen las partículas constituyentes del átomo, electrón, protón y neutrón, y lo que significa el proceso de electrización.

- Seguidamente se analizan en una tabla las propiedades de la carga eléctrica: su conservación y su cuantización.
- Más adelante se define la ley de Coulomb y se establece su expresión. Esta ley mide la fuerza que actúa entre cargas, como muestra el ejemplo 1. Después, se enuncia el principio de superposición, que se pone en práctica en el ejemplo 2.

## 2. Estudio del campo eléctrico

- Se empieza explicando el significado físico y la definición del campo eléctrico. A continuación, en *Descripción del campo eléctrico* se estudian las dos magnitudes fundamentales en la descripción del campo eléctrico: intensidad de campo eléctrico y potencial eléctrico.
- Seguidamente se define y se da la expresión vectorial de la intensidad de campo eléctrico y de la relación entre ésta y la fuerza sobre una carga. Asimismo, al margen, se describe el principio de superposición, en este caso para la intensidad de campo eléctrico. En el ejemplo 3 se calcula el campo eléctrico debido a una sola carga y la fuerza que actúa sobre una segunda carga, y en el ejemplo 4 se calcula el campo eléctrico debido a dos cargas.
- Más adelante se explica que el campo eléctrico es conservativo y puede definirse la diferencia de energía potencial eléctrica entre dos puntos, así como la energía potencial eléctrica en un punto. Se dan sus respectivas expresiones y se elige el origen de las energías potenciales en el infinito.
- Posteriormente, se definen y se dan las expresiones de la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos y del potencial eléctrico en un punto.
- Después, se expresa la relación entre el trabajo realizado para transportar una carga entre dos puntos y la diferencia de potencial entre ellos, así como la relación entre la energía potencial, el potencial y la carga. Esta última se utiliza, por ejemplo, en la definición del electrón-voltio.
- El ejemplo 5 propone calcular el potencial eléctrico que crean tres cargas en un punto y la energía que posee una cuarta carga en dicho punto. El ejemplo 6 propone calcular el potencial eléctrico debido a una sola carga, la energía potencial de una segunda carga en el campo eléctrico que crea la primera y el trabajo necesario para desplazar esta segunda carga.
- Más adelante se estudia la representación del campo eléctrico mediante líneas de campo y superficies equipotenciales. En una tabla se definen y analizan las características de unas y otras.
- Las líneas de campo ayudan a entender el concepto de flujo, que viene a continuación como introducción al teorema de Gauss. En el ejemplo 7 se calcula el flujo eléctrico que atraviesa una superficie esférica debido a una carga situada en su centro.
- Por último, se da la expresión del teorema de Gauss, que se aplica a continuación al cálculo del campo eléctrico creado por un plano infinito cargado uniformemente y al creado en los puntos del exterior de una distribución esférica de carga. En una tabla se muestran ambas aplicaciones y se observan sus paralelismos.

## 3. Comportamiento de la materia en campos eléctricos

Los materiales pueden comportarse de dos maneras en presencia de un campo eléctrico: como conductores o como aislantes (dieléctricos).

- En primer lugar, se analizan las características de los materiales conductores y, en caso en que estén en equilibrio electrostático, se explica lo que ocurre con: a) la distribución de su carga; b) el campo en su interior y en su superficie; c) el potencial en su interior.
- Posteriormente, se analizan las características de los materiales aislantes o dieléctricos: los formados por moléculas polares y los formados por moléculas no polares. En unos y en otros, al aplicar un campo eléctrico exterior, se crea otro campo eléctrico de sentido opuesto. Esto hace que, en el interior del dieléctrico, el campo sea menor que el del exterior. La constante dieléctrica mide el factor en que se reduce el campo eléctrico en el interior.

En **Física y sociedad** se analizan algunas aplicaciones tecnológicas de la electrostática. Se explica el mecanismo por el que se produce el rayo y el funcionamiento del pararrayos. Además, se expone el funcionamiento de un precipitador electrostático, que reduce eficazmente las emisiones de polvo contaminante a la atmósfera por parte de varias industrias.

En el **Resumen** se presentan, en forma de tabla, las analogías y las diferencias entre los campos eléctricos y gravitatorios, así como las características de ambos campos agrupadas según su similitud.

En la **Resolución de ejercicios y problemas** se incluye una serie de ejercicios resueltos en los que el alumno/a tiene modelos para aprender a razonar. En ellos se ponen en práctica los contenidos siguientes: fuerzas entre cargas, intensidades de campo, potencial y energía potencial eléctricos, aplicación del teorema de Gauss a un hilo conductor cargado en equilibrio, capacidad de condensadores, carga de éstos, constante dieléctrica relativa y asociación de condensadores. Se proponen otros ejercicios semejantes a los resueltos.

En **Ejercicios y problemas** se incluyen diversos ejemplos prácticos para comprobar y consolidar los conocimientos adquiridos en la unidad y aplicarlos a nuevas situaciones. Estos ejercicios van acompañados de la solución para favorecer el proceso de la autoevaluación.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- ✓ Explicar por qué, a nivel atómico, las fuerzas de atracción entre masas resultan despreciables frente a las que se ejercen entre sí las cargas.
- ✓ Definir intensidad de campo eléctrico.
- ✓ Describir: a) la relación entre la fuerza con que se atraen o repelen las cargas y la intensidad del campo eléctrico; b) la relación entre la energía potencial electrostática y el potencial eléctrico.
- ✓ Calcular fuerzas entre cargas e intensidades de campo eléctrico.
- ✓ Calcular intensidades de campo y potenciales eléctricos.
- ✓ Demostrar matemáticamente que las fuerzas entre cargas eléctricas son conservativas, de forma análoga a como se hizo con las fuerzas gravitatorias.
- ✓ Explicar cómo se calcula el trabajo que el campo eléctrico realiza para llevar una carga de un punto a otro.
- ✓ Explicar la utilidad del teorema de Gauss.
- ✓ Resolver ejercicios de condensadores y de asociación de condensadores.
- ✓ Participar activamente en los debates y puestas en común sobre los temas propuestos a discusión.

### Campo magnético

#### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

- ❖ Conocer las propiedades de los imanes y explicar las causas del magnetismo natural.
- ❖ Justificar el efecto de la corriente eléctrica sobre los cuerpos imantados, como la aguja de una brújula.
- ❖ Comprender el concepto de campo magnético y describir el vector campo magnético o inducción magnética.
- ❖ Representar el campo magnético mediante las líneas de inducción magnética.
- ❖ Entender la ley de Biot y Savart y utilizarla para calcular el campo magnético creado por una carga en movimiento, por un elemento de corriente, por una espira circular en su centro y por un hilo rectilíneo indefinido.
- ❖ Comprender el teorema de Ampère y utilizarlo para calcular el campo magnético en el interior de una bobina o solenoide.
- ❖ Conocer la fuerza que el campo magnético ejerce sobre una carga en movimiento y sus aplicaciones, así como sobre un elemento de corriente, un hilo conductor de longitud  $L$  y una espira.
- ❖ Determinar la fuerza que se ejercen entre sí dos corrientes paralelas.
- ❖ Conocer el comportamiento de los distintos tipos de materiales dentro de campos magnéticos y distinguir las sustancias paramagnéticas, diamagnéticas y ferromagnéticas.
- ❖ Conocer las características del campo magnético terrestre.

#### CONTENIDOS

##### CONCEPTUALES:

1. Fuentes del magnetismo: propiedades generales de los imanes.
2. Explicación del magnetismo natural.
3. Descripción del campo magnético. Vector campo magnético o inducción magnética.
4. Ley de Biot y Savart. Teorema de Ampère.
5. Fuentes del campo magnético: un elemento de corriente, una espira, un conductor rectilíneo indefinido o un solenoide por los que circula corriente eléctrica.



6. Acción del campo magnético sobre una carga en movimiento, un elemento de corriente, un hilo conductor rectilíneo de longitud  $L$  y una espira. Ley de Lorentz.
7. Aplicaciones de la fuerza de Lorentz: espectrómetro de masas y ciclotrón.
8. Fuerza entre corrientes paralelas.
9. Comportamiento de los distintos tipos de materiales dentro de campos magnéticos: sustancias paramagnéticas, diamagnéticas y ferromagnéticas.
10. Campo magnético terrestre.

### PROCEDIMENTALES:

- Interpretación de la experiencia de Oersted.
- Representación del campo magnético: líneas de inducción magnética.
- Cálculo del campo magnético creado por una espira circular en su centro, por un hilo rectilíneo e indefinido a una determinada distancia y por un solenoide en su interior.
- Cálculo de la fuerza que un campo magnético ejerce sobre una carga en movimiento y sobre un hilo conductor rectilíneo de longitud  $L$  por el que circula corriente eléctrica.
- Resolución de ejercicios sobre el espectrómetro de masas y sobre el ciclotrón.
- Cálculo de la fuerza ejercida entre corrientes paralelas.

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

La imagen de entrada de la unidad muestra el interior de un acelerador de partículas. El texto que acompaña la imagen resalta la amplia aplicación que tienen los electroimanes en la ciencia y la tecnología.

Los *Objetivos* indican las capacidades que se pretende que el alumno/a desarrolle a lo largo de la unidad.

Un esquema muestra la organización de los contenidos de la unidad.

La *Preparación de la unidad* contiene definiciones y actividades con la finalidad de evocar los contenidos necesarios para abordarla.

- Se recuerdan conceptos como las propiedades de los imanes, el efecto magnético de las corrientes eléctricas, la definición de intensidad de corriente y su unidad en el SI.
- Se proponen actividades que permiten poner en práctica conocimientos adquiridos anteriormente y que se usarán en esta unidad: identificar los polos norte y sur de varios imanes, describir diferentes métodos para imantar una barra de acero, calcular la intensidad de una corriente eléctrica, definir y representar un campo de fuerzas, calcular la fuerza gravitatoria sobre una masa y la fuerza eléctrica sobre una carga, investigar cómo se construye un timbre

y un altavoz, y redactar un informe siguiendo un gui3n dado.

## 1. Magnetismo

- Se inicia la unidad explicando c3mo se descubri3 el magnetismo, su gran utilidad actual, las fuentes del magnetismo y las propiedades generales de los imanes.
- Para entender las causas del magnetismo fue clave el experimento de Oersted, gracias al cual se conoce hoy d3a la explicaci3n del magnetismo natural, como se describe gr3ficamente mediante la disposici3n de los dipolos magn3ticos en un material no imantado y en otro imantado.

## 2. Estudio del campo magn3tico

En este apartado se analiza a fondo todo lo relacionado con la creaci3n y los efectos del campo magn3tico.

- Se define lo que se entiende por campo magn3tico y se realiza una descripci3n de 3ste mediante el vector campo magn3tico o inducci3n magn3tica: se explica y se relaciona con la fuerza que el campo magn3tico ejerce sobre una carga con cierta velocidad. Se presenta la unidad en que se mide el campo magn3tico, el tesla, y se relaciona con otras unidades del SI.
- A continuaci3n, se detalla c3mo se representa el campo magn3tico mediante las l3neas de inducci3n, de las cuales se relacionan sus propiedades.
- Seguidamente se analizan las fuentes del campo magn3tico. El valor del campo magn3tico que crea un elemento de corriente viene dado por la ley de Biot y Savart, describi3ndose gr3ficamente su direcci3n y sentido mediante una figura. Conocido el valor de este campo, puede calcularse el que crea una sola carga con cierta velocidad y el del campo que crea un conductor de longitud no elemental mediante una integral.
- En el ejemplo 1 se calcula la integral para el caso de un conductor circular o espira, por la que circula corriente el3ctrica, y en el ejemplo 2 para el de un hilo conductor rectil3neo e indefinido por el que circula una intensidad de corriente. El profesor/a puede indicar que en todos estos casos la direcci3n y el sentido del campo magn3tico en un punto pueden conocerse de dos formas: mediante la regla de la mano derecha y mediante la del sacacorchos, ya que se trata siempre de productos vectoriales.
- Posteriormente, se explica el teorema de Ampère, que permite calcular el valor de la inducci3n magn3tica en casos diferentes de los anteriores, pero siempre con corrientes el3ctricas de geometr3a sencilla; este teorema complementa la ley de Biot y Savart.
- En el ejemplo 3 se demuestra la utilidad de dicho teorema con el c3lculo del campo magn3tico creado dentro de una bobina o solenoide.

Despu3s del estudio de las fuentes del campo magn3tico, se considera la acci3n del campo magn3tico sobre cargas el3ctricas en movimiento: fuerza sobre una carga en movimiento, sobre un elemento de corriente y entre corrientes paralelas.

- Se empieza por la descripci3n de la fuerza sobre una carga en movimiento; se deduce de forma experimental y la ley de Lorentz la expresa matem3ticamente. La trayectoria que seguir3 una carga con velocidad inicial perpendicular al campo dentro de 3ste es una circunferencia, cuyo radio depende de su carga, de su masa, de su velocidad y del valor de la inducci3n magn3tica. Estas relaciones se ponen en pr3ctica en los ejemplos 4 y 5.
- La proporcionalidad directa entre el radio y la masa de la carga se utiliza precisamente para medir masas de part3culas en el espectr3metro de masas.
- La proporcionalidad directa entre el radio y la velocidad de la carga sirve para entender el proceso que sufren las cargas que se introducen en los ciclotrones o aceleradores de part3culas.
- Despu3s se trabaja la fuerza magn3tica sobre un elemento de corriente y sobre un conductor rectil3neo de longitud  $L$ . El ejemplo 6 propone el c3lculo de la fuerza sobre un hilo conductor recto. Se describe el efecto de giro que produce la

fuerza magnética sobre una espira y una aplicación, el galvanómetro.

- Posteriormente, se analiza la fuerza entre corrientes rectilíneas y paralelas. En el ejemplo 7 se propone calcular la fuerza que se ejercen entre sí dos corrientes de este tipo. Junto a este ejemplo se encuentra una aplicación de la fuerza entre corrientes paralelas, la definición de amperio.

### 3. Comportamiento de la materia en campos magnéticos

- Se estudian ahora los diferentes tipos de materiales según su comportamiento dentro de un campo magnético. Mediante unos esquemas explicativos se describen los tres tipos de sustancias: las paramagnéticas, las diamagnéticas y las ferromagnéticas.
- Mediante cuadros se introducen nuevos conceptos de interés relacionados con el tema, como los superconductores, el espín de los electrones, la susceptibilidad magnética y la temperatura de Curie.

En **Física y sociedad** se describe el magnetismo terrestre, analizando aspectos tan interesantes como los polos magnéticos de la Tierra, la declinación magnética, la inversión periódica del sentido Norte-Sur del campo magnético de la Tierra, la intensidad del campo magnético terrestre y la explicación de la causa del magnetismo terrestre.

En el **Resumen de fórmulas** se recuerdan los dos grandes aspectos estudiados del campo magnético: sus fuentes y su acción sobre cargas eléctricas en movimiento. Dicho resumen viene dado mediante las diversas ecuaciones estudiadas y su correspondiente descripción, en la que se aprecia su utilidad.

**Ideas clave**, como su nombre indica, pretende ser un resumen de las ideas principales que el alumno/a debe interiorizar a lo largo de la unidad.

En la **Resolución de ejercicios y problemas** se incluyen varios ejercicios resueltos en los que el alumno/a encuentra modelos para aprender a razonar. En ellos se ponen en práctica los contenidos siguientes: cálculo del campo magnético en el centro de un conductor semicircular y entre dos conductores rectilíneos paralelos e indefinidos, determinación de magnitudes en el espectrógrafo de masas y en el ciclotrón. Se proponen otros ejercicios semejantes.

En **Ejercicios y problemas** se incluye una serie de ejemplos para comprobar y consolidar los conocimientos adquiridos en la unidad y aplicarlos a nuevas situaciones. Estos ejercicios van acompañados de la solución para favorecer el proceso de la autoevaluación.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- ✓ Calcular el campo magnético que crea un hilo rectilíneo e indefinido por el que circula una corriente eléctrica.
- ✓ Obtener el campo magnético que se crea en el centro de una espira circular y en el interior de un solenoide.
- ✓ Explicar las diversas formas en que el campo magnético actúa sobre las cargas en movimiento (en los casos de una sola carga, un hilo conductor, una espira), detallando cómo es en cada caso la fuerza en cuanto a módulo, dirección y sentido.
- ✓ Calcular la fuerza que experimenta y el radio de la trayectoria que describe una carga dentro de un campo magnético.
- ✓ Hallar la fuerza que un campo magnético ejerce sobre un hilo conductor rectilíneo de longitud  $L$  por el que circula corriente.
- ✓ Calcular la velocidad y el radio de la trayectoria de una partícula en un espectrógrafo de masas.
- ✓ Resolver cuestiones y ejercicios sobre el ciclotrón.
- ✓ Explicar cómo es y cómo se calcula la fuerza que se ejercen entre sí dos conductores rectilíneos, indefinidos y paralelos. Calcular esta fuerza.
- ✓ Explicar los diferentes tipos de materiales que existen en cuanto a su comportamiento dentro de un campo magnético.

## UNIDAD DIDÁCTICA Nº 5

DURACIÓN:

### Inducción electromagnética

#### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

- ❖ Comprender las experiencias de Faraday y sus conclusiones sobre la inducción electromagnética.
- ❖ Entender qué es el flujo magnético y saber calcularlo.
- ❖ Saber qué establecen las leyes de Lenz y de Faraday, así como qué relación existe entre ambas.
- ❖ Comprender la experiencia de Henry y su relación con las experiencias de Faraday.
- ❖ Entender el funcionamiento del alternador, de la dinamo, del motor eléctrico, del galvanómetro y del timbre eléctrico.
- ❖ Comprender el fenómeno de la autoinducción y conocer su influencia en los circuitos de intensidad variable.
- ❖ Entender el fenómeno de la inducción mutua y conocer su utilidad en los transformadores.
- ❖ Conocer las ventajas de la utilización de la energía eléctrica en la actualidad y las diferentes maneras de producirla.
- ❖ Saber los aspectos básicos de la teoría electromagnética de Maxwell y el significado del espectro electromagnético.
- ❖ Valorar la importancia del descubrimiento de la inducción electromagnética y sus aplicaciones.

## CONTENIDOS

### CONCEPTUALES:

1. Experiencias de Faraday.
2. Flujo magnético.
3. Leyes de Lenz y Faraday.
4. Experiencias de Henry.
5. Generadores y receptores eléctricos: alternador, dinamo, motor eléctrico, galvanómetro.
6. Transformadores.
7. Producción y transporte de la corriente eléctrica. Impacto medioambiental
8. Aplicaciones de la inducción electromagnética.

### PROCEDIMENTALES:

- Interpretación de las experiencias de Faraday.
- Cálculo del flujo magnético.
- Aplicación de las leyes de Lenz y Faraday.
- Interpretación de la experiencia de Henry.
- Cálculo de la fem generada en un alternador.
- Cálculo de intensidades y voltajes de salida de transformadores.
- Utilización de aparatos eléctricos para efectuar medidas.

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

La imagen de entrada de la unidad muestra un automóvil eléctrico y el texto que la acompaña señala a éste como ejemplo de la investigación científico-técnica al servicio del bienestar de la sociedad.

Los *Objetivos* indican las capacidades que se pretende que el alumno/a desarrolle a lo largo de la unidad.

Un esquema muestra la organización de los contenidos de la unidad.

La *Preparación de la unidad* contiene definiciones y actividades con la finalidad de evocar los contenidos necesarios

para abordarla.

- Se recuerdan: qué es el campo magnético y su unidad en el SI, la regla de la mano derecha, las expresiones de la fuerza que actúa sobre una carga en movimiento dentro de un campo magnético y sobre un elemento de corriente.
- Se proponen actividades que permiten poner en práctica los conocimientos adquiridos anteriormente y que se usarán en esta unidad: trazar las líneas de inducción de los campos magnéticos, explicar qué es un solenoide, calcular el valor de la inducción magnética en su interior, dibujar el vector fuerza que un campo magnético ejerce sobre un conductor y, finalmente, enunciar la ley de Ohm y utilizarla para calcular la intensidad de corriente que pasa por una resistencia.

## 1. Inducción de la corriente eléctrica

- Se inicia la unidad citando elementos como las centrales eléctricas, los generadores, los motores eléctricos, los transformadores, etc., que son imprescindibles en la sociedad actual y funcionan gracias a la inducción de la corriente eléctrica. La descripción y la explicación del fenómeno de la inducción electromagnética comienzan con las experiencias de Faraday: movimiento de un imán en el interior de una bobina y cierre y apertura del circuito eléctrico de una bobina. Después de estas descripciones se define el concepto de inducción electromagnética.
- A continuación, se define el concepto de flujo magnético; se calcula en dos casos con el fin de dar su expresión general. El alumno/a debe recordar que para los campos gravitatorio y eléctrico también se ha visto este concepto. Después se da el nombre de la unidad en la que se mide el flujo magnético en el SI, el weber, y su relación con el tesla. En el ejemplo 1 se calcula el flujo magnético que atraviesa una bobina.
- A continuación, se enuncia la ley de Lenz; se trata de una ley experimental que indica el sentido que tiene la corriente inducida en cada caso.
- Seguidamente, la ley de Faraday va a evaluar la fem inducida que da lugar a las corrientes inducidas descritas hasta ahora. Es una ley experimental que da el valor de la fem inducida, de la cual, a su vez, puede extraerse el de la intensidad inducida. El profesor/a debe hacer mención especial al signo negativo de la derivada, y relacionarlo con lo que establece la ley de Lenz. En los ejemplos 2 y 3 se propone calcular la fem inducida en diferentes casos.
- Por último, la experiencia de Henry describe una versión diferente de la inducción electromagnética, pero que llega a los mismos resultados que la ley de Faraday.
- El ejemplo 4 se refiere a la experiencia de Henry y propone calcular la fuerza magnética que actúa sobre cada electrón de una barra o varilla, el campo eléctrico en el interior de ésta y la fem inducida.

## 2. Aplicaciones de la inducción electromagnética

- Este apartado empieza analizando los generadores eléctricos. Dentro de éstos se distingue entre el alternador y la dinamo. El alumno/a debe llegar a entender el funcionamiento, la aplicación y las transformaciones energéticas de cada uno de ellos. En el ejemplo 5 se calcula la fem inducida en el alternador. En un cuadro se explica en qué consiste un electroimán, importante dispositivo que debe conocer el alumno/a por su gran utilidad. Para comprenderlo mejor se propondrá como actividad montar uno sencillo.
- Seguidamente se describen el motor eléctrico, el galvanómetro y el timbre eléctrico, como ejemplos de aplicación práctica de los fenómenos electromagnéticos.
- A continuación, se estudia la autoinducción. Se describe la causada en un circuito por las variaciones de la intensidad que circula por él. Como ejemplos, se explican la contracorriente y la extracorriente producidas en el cierre y la apertura de un circuito; después se exponen la definición y la unidad en el SI del coeficiente de autoinducción o inductancia. En el ejemplo 6 se calcula este coeficiente para una bobina y la fem inducida al variar la corriente que circula por ella.

- Después del estudio de la autoinducción se trata la inducción mutua. El valor de esta inducción generada depende del llamado coeficiente de inducción mutua. La aplicación más importante de este fenómeno está en los transformadores, de aplicación práctica tan generalizada. En el ejemplo 7 se trabaja con las expresiones deducidas para la tensión y la intensidad máximas del secundario de un transformador.
- El apartado termina analizando la producción de la corriente eléctrica. Se describe en un cuadro, mediante esquemas, el funcionamiento de las centrales eléctricas más utilizadas hoy día: hidroeléctricas, térmicas, nucleares, eólicas, solares y geotérmicas. Después se analiza el impacto medioambiental de cada una de ellas y se plantea la cuestión de la sostenibilidad de los recursos energéticos.

### 3. Síntesis electromagnética

- Como consecuencia de todo lo visto hasta este punto se deduce la estrecha relación existente entre los fenómenos eléctricos y los magnéticos. El desarrollo matemático de estas ideas condujo a Maxwell a una descripción unificada de ellos: la teoría electromagnética. Se describen los resultados más importantes de esta teoría y se recuerdan las ondas electromagnéticas, cuyos campos eléctrico y magnético se representan y se reproduce su espectro.
- Seguidamente se analizan las llamadas ecuaciones de Maxwell: son cuatro y en ellas resumió todas las leyes de la electricidad y del magnetismo.

En **Física y sociedad** se analizan más utilidades de la inducción electromagnética, aparte de las ya estudiadas: los micrófonos, que llevan a cabo la conversión eléctrica del sonido, y los hornos de inducción a alta frecuencia, que utilizan el calor generado por las corrientes inducidas de alta frecuencia.

En el **Resumen** se presenta una tabla organizada según las secuencias de aprendizaje con las descripciones, las definiciones y/o las expresiones matemáticas que se han visto en esta unidad. Su finalidad es que el alumno/a repase y consolide los conocimientos que han aparecido a lo largo de ella.

En la **Resolución de ejercicios y problemas** se incluye una serie de ejercicios resueltos en los que el alumno/a halla modelos para aprender a razonar. En ellos se ponen en práctica los contenidos siguientes más importantes expuestos en la unidad como: el cálculo de la fem y de la intensidad de corriente inducidas en distintos casos, el coeficiente de autoinducción y el flujo magnético. Se proponen otros ejercicios semejantes a los resueltos.

En **Ejercicios y problemas** se incluye una serie de ejemplos prácticos para comprobar y consolidar los conocimientos adquiridos en la unidad y aplicarlos a nuevas situaciones. Estos ejercicios van acompañados de la solución para favorecer el proceso de la autoevaluación.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- ✓ Describir los experimentos de Faraday y Henry.
- ✓ Explicar qué establecen las leyes de Lenz y Faraday, y poner un ejemplo en el que se vea la necesidad del signo negativo en la segunda de estas leyes.
- ✓ Efectuar ejercicios de cálculo del flujo magnético y de aplicación de la ley de Faraday.
- ✓ Realizar ejercicios de cálculo de la inducción electromagnética en una barra metálica situada dentro de un campo magnético.
- ✓ Describir el alternador explicando su funcionamiento y la expresión de la fem que genera, y explicar las diferencias entre un alternador y una dinamo.
- ✓ Resolver ejercicios de alternadores.
- ✓ Explicar qué son la inducción y la autoinducción, e indicar sus diferencias y sus semejanzas.
- ✓ Explicar qué es la inducción mutua y su aplicación en los transformadores, y resolver ejercicios relativos a éstos.
- ✓ Citar las diversas aplicaciones de la inducción electromagnética.
- ✓ Describir una central eléctrica: su funcionamiento y las transformaciones energéticas que tienen lugar en ella.
- ✓ Definir con claridad y precisión los conceptos y los fenómenos físicos relativos al electromagnetismo.

## UNIDAD DIDÁCTICA Nº 8

DURACIÓN: 10 h

### La Luz

#### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

- ❖ Saber en qué consisten las ondas electromagnéticas.
- ❖ Conocer el espectro electromagnético.
- ❖ Entender la utilidad de trabajar con la aproximación de rayos luminosos en determinadas ocasiones.
- ❖ Conocer diversos métodos empleados para medir la velocidad de la luz.
- ❖ Comprender los conceptos de reflexión, refracción, índice de refracción, ángulo límite y reflexión total.
- ❖ Determinar gráficamente la formación de imágenes en lentes y espejos, y obtener sus características principales en todos los casos posibles.
- ❖ Conocer el fenómeno de la absorción y su incidencia en la visión del color de los objetos.



- ❖ Reconocer los efectos de las interferencias, el experimento de Young para observarlas y sus resultados.
- ❖ Reconocer los efectos de la difracción producida por una rendija y sus resultados.
- ❖ Saber en qué consiste la polarización y los métodos para conseguirla.
- ❖ Conocer el funcionamiento del ojo humano, así como los defectos más comunes de la visión y su corrección.

## CONTENIDOS

### CONCEPTUALES:

1. Teorías sobre la naturaleza de la luz.
2. Definición y características de las ondas electromagnéticas. Espectro electromagnético. Propagación rectilínea de la luz. Rayos luminosos.
3. Velocidad de propagación de la luz. Métodos para medirla.
4. Reflexión y refracción de la luz y sus leyes. Índice de refracción.
5. Angulo límite y reflexión total.
6. Conceptos básicos de óptica geométrica. Sistema óptico. Punto objeto. Imagen real. Imagen virtual.
7. Espejos esférico y plano. Características, formación de imágenes y ecuaciones.
8. Lentes delgadas: clasificación, formación de imágenes y ecuaciones.
9. Instrumentos ópticos: el ojo humano, la cámara fotográfica, la lupa, el microscopio y el telescopio.
10. Dispersión de la luz en un prisma. Espectro de la luz blanca. Espectroscopia.
11. Absorción de la luz. Visión del color de los cuerpos
12. Interferencias constructiva y destructiva. Experimento de Young.
13. Difracción producida por una rendija.
14. Polarización. Polarización por reflexión y por absorción selectiva.
15. Defectos de la visión: miopía e hipermetropía.

### PROCEDIMENTALES:

- Determinación de la frecuencia y la longitud de onda de una onda electromagnética.
- Utilización del modelo de rayos para explicar la propagación de la luz.
- Cálculo de la velocidad de la luz por diversos métodos.
- Determinación del ángulo de refracción.
- Determinación gráfica de la formación de imágenes en los diferentes sistemas y obtención de sus características principales.
- Deducción y aplicación de las ecuaciones fundamentales de los espejos esférico y plano.
- Deducción y aplicación de la ecuación fundamental de las lentes y de la ecuación del fabricante de lentes.
- Utilización del prisma para conseguir la dispersión de la luz y del espectroscopio para obtener espectros de emisión y

de absorción de las sustancias.

- Obtención de interferencias. Identificación de las franjas brillantes y oscuras producidas.
- Cálculo de las posiciones de las franjas brillantes y oscuras producidas por difracción.
- Determinación del ángulo de Brewster para la polarización.
- Obtención de ondas polarizadas por absorción selectiva.

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

En la imagen de entrada de la unidad podemos apreciar la belleza de un paisaje con el arco iris al fondo. El texto que acompaña la imagen destaca la importancia del conocimiento de las propiedades físico-químicas de la luz, no sólo por los efectos visuales que produce sino por la trascendencia que tienen los fenómenos luminosos en la naturaleza.

Los *Objetivos* indican las capacidades que se pretende que el alumno/a desarrolle a lo largo de la unidad.

Un esquema muestra la organización de los contenidos de la unidad.

La *Preparación de la unidad* propone el trabajo previo al estudio de ésta.

- Se recuerdan los conceptos de movimiento ondulatorio y de onda, la clasificación de las ondas en longitudinales y transversales, las magnitudes características de una onda (amplitud, longitud de onda, período y frecuencia) y las unidades en el SI de intensidad del campo eléctrico e intensidad del campo magnético o inducción magnética.
- Se proponen actividades que permiten poner en práctica los conocimientos adquiridos anteriormente y que se usan en esta unidad como: calcular la frecuencia y el período de una onda de radio y convertir unidades de longitud.

### 1. Naturaleza de la luz

La determinación de la naturaleza de la luz ha dado lugar a una de las controversias más apasionantes de la historia de la ciencia.

- La unidad empieza por explicar las hipótesis científicas sobre la naturaleza de la luz merecedoras de mayor atención: la teoría corpuscular de Newton, la teoría ondulatoria de Huygens, la teoría ondulatoria de Fresnel, la teoría electromagnética de Maxwell, la teoría corpuscular de Einstein y la hipótesis sobre la naturaleza dual de la luz. Es interesante que el alumno/a entienda bien estas hipótesis y las valore como pasos importantes dados en el camino hacia la descripción completa de la luz.
- A continuación, en *Ondas electromagnéticas*, se definen y analizan sus características. El ejemplo 1 propone calcular alguna de estas características y el valor máximo de la intensidad del campo magnético, o amplitud.
- Seguidamente, se define y visualiza el espectro electromagnético en una tabla en la que se aprecian los valores de sus longitudes de onda y sus frecuencias, la forma cómo se generan y las aplicaciones que tienen. Este esquema de las ondas electromagnéticas es de gran interés para el alumno/a. Mediante él se percibe de que radiaciones que le son muy conocidas y cercanas, y que consideraba tan diferentes, son del mismo tipo y se propagan a la misma velocidad. Es conveniente resaltar la presencia y la situación del llamado espectro visible por corresponder a las ondas visibles por el ojo humano.

- Siguiendo con la naturaleza de la luz, se estudia la propagación rectilínea de la luz. Se define lo que se entiende por rayo luminoso y se representa gráficamente su dirección respecto de los vectores campo eléctrico y campo magnético, y respecto de los frentes de onda en el caso de rayos paralelos y de rayos divergentes.
- El alumno/a puede ver la utilidad de la aproximación de rayos en la formación de las sombras producidas por focos puntuales y no puntuales.
- El apartado acaba explicando los métodos de mayor interés utilizados históricamente en la determinación de la velocidad de propagación de la luz. Existen métodos astronómicos, como el de Roemer, y terrestres, como el de Fizeau.

## 2. Fenómenos luminosos

Debido a la naturaleza ondulatoria de la luz, ésta presenta aquellos fenómenos que han sido estudiados para las ondas en general.

- Se empieza por la reflexión y la refracción, que pueden interpretarse mediante los rayos luminosos y la aplicación del principio de Huygens. Es importante señalar que la luz alcanza su máxima velocidad en el vacío y que, al cambiar de medio, no varía su frecuencia pero sí su longitud de onda y su velocidad.
- Seguidamente se define el índice de refracción absoluto de un medio,  $n$ . La ley de Snell de la refracción, que se escribía en función de las velocidades, puede expresarse también en función de los índices de refracción de los dos medios. El ejemplo 2 es de aplicación de la ley de Snell en esta nueva forma.
- A continuación, se deduce otra relación para  $n$ , como cociente de longitudes de onda, y se explica gráficamente el llamado ángulo límite, a partir del cual se produce la reflexión total.

Los fenómenos ópticos de la reflexión y la refracción pueden ser tratados geoméricamente de forma simplificada mediante la aproximación de rayos. Su estudio es objeto de la *óptica geométrica*.

- El estudio de los sistemas ópticos comienza con la descripción del marco de la óptica geométrica, se da su definición, se explican los supuestos de los que parte y sus conceptos básicos.
- Los primeros sistemas ópticos que se tratan son el espejo esférico y el espejo plano. Se estudia la formación gráfica de imágenes.
- El estudio de la construcción de imágenes con lentes delgadas.
- En un cuadro se define potencia de una lente y la unidad en que se mide, la dioptría. En otro se citan las aplicaciones más notables de las lentes, esto es, su utilización en la construcción de instrumentos ópticos: la cámara fotográfica, la lupa, los prismáticos, el microscopio, el telescopio, las gafas y las lentes de contacto.

Los fenómenos ópticos de la dispersión y la absorción afectan a la descomposición de la luz en diferentes longitudes de onda y a la visión del color, respectivamente.

- La dispersión se debe a que la refracción produce una desviación diferente en cada radiación de un haz de rayos según su longitud de onda. Se demuestra este efecto gráficamente con la luz blanca que atraviesa un prisma y se separa en todos los colores del espectro visible. La formación del arco iris es debida al mismo fenómeno, sólo que en las gotas de agua de la lluvia.
- La aplicación práctica de este fenómeno es la espectroscopia, proceso por el cual pueden identificarse los elementos de un compuesto químico. Se estudian los diferentes tipos de espectros, continuos y discontinuos, y también de emisión y de absorción.
- La absorción de la luz es el fenómeno consistente en la retención de una parte de la energía luminosa que recibe un cuerpo cuando es iluminado. Se explica que la relación entre la energía emitida y la recibida indica el grado de absorción. Un cuadro explica el mecanismo de la visión del color de los objetos, que se justifica por el fenómeno de la absorción selectiva.

Otros fenómenos ópticos no pueden interpretarse correctamente mediante una simple aplicación de la aproximación de rayos.

Estos son la interferencia, la difracción, y la polarización. Su estudio es objeto de la *óptica física*.

- Se estudia la interferencia en la luz. Este fenómeno también se ha estudiado para las ondas mecánicas. En el caso de la luz, se observa mediante el experimento de Young de la doble rendija. Este procedimiento para obtener interferencias se explica junto con las condiciones para que la interferencia sea constructiva o destructiva.
- Después se explica la difracción, efecto por el cual las ondas luminosas rodean los obstáculos y no producen sombras nítidas. Se describe y se da la expresión del ángulo bajo el cual se observan en una pantalla las franjas oscuras de la figura de difracción producida por una rendija. El ejemplo 5 propone calcular las posiciones de las franjas oscuras y la anchura de la franja brillante central.
- Por último, se analiza la polarización, que pone de manifiesto el carácter transversal de las ondas luminosas. Se definen los conceptos de polarización lineal y plano de polarización. Se explica la polarización por reflexión, el ángulo de polarización o de Brewster, del cual se da su expresión, y la polarización total. También se explica gráficamente la polarización por absorción selectiva en un material polarizador.

En **Física y sociedad** se estudia el funcionamiento del ojo humano como sistema óptico y se analizan algunos defectos del ojo, la miopía y la hipermetropía, y su corrección.

En el **Resumen** se presentan, organizadas en forma de tablas, las expresiones matemáticas que han aparecido en esta unidad, así como su descripción, y las ideas principales que el alumno/a debe haber interiorizado al finalizar la unidad. Con este apartado se pretende que el alumno/a memorice de forma comprensiva conceptos y fórmulas, lo cual le facilitará la resolución de ejercicios y problemas.

En la **Resolución de ejercicios y problemas** se incluyen dos ejercicios resueltos en los que el alumno/a encuentra modelos para aprender a razonar. En ellos se ponen en práctica los contenidos siguientes: características de una onda electromagnética y cálculo de la posición de la imagen en una combinación de lentes. Se proponen otros ejercicios semejantes.

En **Ejercicios y problemas** se incluye una serie de ejercicios para comprobar y consolidar los conocimientos adquiridos en la unidad y aplicarlos a nuevas situaciones. Estos ejercicios van acompañados de la solución para favorecer el proceso de la autoevaluación.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- ✓ Explicar las diferentes teorías sobre la naturaleza de la luz.
- ✓ Describir las características de las ondas electromagnéticas.
- ✓ Comparar la explicación de la refracción mediante rayos y mediante la teoría de Huygens.
- ✓ Aplicar la segunda ley de la refracción para determinar ángulos de incidencia, ángulos de refracción e índices de refracción.
- ✓ Resolver ejercicios sobre espejos esféricos y planos en los que se determine la posición, el tamaño y la naturaleza de

la imagen obtenida y la distancia focal de un espejo esférico.

- ✓ Resolver ejercicios sobre lentes delgadas en los que se determine la posición, el tamaño y la naturaleza de la imagen obtenida y la distancia focal de la lente.
- ✓ Describir los fenómenos de la dispersión y la absorción de la luz: a) qué son; b) por qué ocurren; c) dónde pueden observarse; d) qué aplicaciones tienen.
- ✓ Explicar: a) qué son las interferencias; b) qué tipos existen; c) qué es la difracción; d) qué se observa en una pantalla cuando se hace pasar luz a través de una doble rendija colocada frente a la pantalla; e) cómo influye la longitud de onda de la radiación utilizada.
- ✓ Explicar los resultados de la interferencia en la experiencia de la doble rendija.
- ✓ Explicar el fenómeno de la polarización de la luz y calcular el ángulo de incidencia necesario para que se produzca la polarización por reflexión.
- ✓ Representar con claridad los esquemas y las representaciones de los sistemas ópticos e indicar correctamente las magnitudes correspondientes y la dirección de los rayos luminosos.

## UNIDAD DIDÁCTICA Nº 9

### Física cuántica

#### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

- ❖ Entender en qué consiste el efecto fotoeléctrico y la explicación dada por Einstein.
- ❖ Interpretar la hipótesis de De Broglie y la dualidad onda-partícula.
- ❖ Asimilar el principio de indeterminación de Heisenberg y sus consecuencias.
- ❖ Comprender la interpretación probabilística inherente al concepto de orbital.

- ❖ Conocer la existencia del espín en todas las partículas subatómicas y en el fotón.
- ❖ Valorar la importancia de los resultados de la mecánica cuántica desde el punto de vista teórico del conocimiento de la materia y desde el punto de vista práctico de sus aplicaciones técnicas.

## CONTENIDOS

### CONCEPTUALES:

1. Hipótesis cuántica de Planck.
2. Descripción e interpretación del efecto fotoeléctrico. Teoría cuántica de Einstein.
3. Dualidad onda-partícula. Hipótesis de De Broglie y experimento de la doble rendija.
4. Principio de indeterminación de Heisenberg.
5. Formulaciones de la mecánica cuántica: mecánica cuántica matricial y mecánica cuántica ondulatoria.

### PROCEDIMENTALES:

- Determinación de valores de frecuencia y energía asociados a un cuanto de energía.
- Utilización de las relaciones propias del efecto fotoeléctrico.
- Cálculo de la longitud de onda de De Broglie asociada a las partículas.
- Deducción de la indeterminación en la posición y en la velocidad de objetos cuánticos.

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

La imagen de entrada de la unidad muestra el interior de un acelerador de partículas. El texto que acompaña la imagen recuerda la necesidad, para el investigador, de aceptar sin prejuicios la evidencia experimental, aunque en ocasiones ésta resulte contraria a los resultados esperados.

Los *Objetivos* indican las capacidades que se pretende que el alumno/a desarrolle a lo largo de la unidad.

Un esquema muestra la organización de los contenidos de la unidad.

La *Preparación de la unidad* contiene definiciones y actividades con la finalidad de evocar los contenidos necesarios para abordarla.

- Se recuerdan los conceptos de cantidad de movimiento, energía cinética, radiación electromagnética, longitud de onda, frecuencia, partículas subatómicas, número atómico y átomo de Rutherford.

- Se proponen actividades referentes a conocimientos adquiridos anteriormente y que se usan en esta unidad: hallar la cantidad de movimiento de un cuerpo, la energía cinética de una partícula y determinar la variación de la energía cinética de un cuerpo, definir una onda electromagnética y describir sus características, calcular la frecuencia de una radiación electromagnética, enumerar las principales características del electrón, el neutrón y el protón, y resumir las características de los principales modelos atómicos.

## 1. Limitaciones de la física clásica

La unidad empieza con el estudio de tres fenómenos físicos que, a finales del siglo XIX, pusieron en duda las leyes clásicas aplicadas a la interacción entre la radiación electromagnética y la materia.

- El primero de los tres que se estudia es la radiación térmica del cuerpo negro. En primer lugar, se explica lo que se entiende por radiación térmica y por cuerpo negro. A continuación, se establecen las dos leyes que cumple la radiación del cuerpo negro: la ley de Stefan-Boltzmann, para el cálculo de la potencia emitida, y la ley del desplazamiento de Wien, para el cálculo de la longitud de onda en la que se produce mayor emisión de energía. Esta segunda ley se acompaña de la figura correspondiente para facilitar su comprensión.
- Con el fin de interpretar los hechos experimentales, Planck formuló dos hipótesis en las que introduce la idea del átomo oscilante (que se comporta como un oscilador armónico) y el concepto de cuanto de energía. En el ejemplo 1 se trabaja con un átomo oscilante, del cual se calcula el valor de un cuanto de su energía y el de la amplitud máxima que adquiere en su oscilación con una energía igual a 20 cuantos.
- El segundo de los tres fenómenos citados es el efecto fotoeléctrico. Su representación gráfica ayuda a entenderlo mejor antes de seguir con los resultados observados en el experimento. Estos resultados no pueden explicarse mediante la teoría electromagnética clásica, sino por la teoría cuántica de Einstein; éste toma las ideas de Planck sobre la energía cuantizada en paquetes, llamados fotones, y consigue que sus cálculos coincidan con los resultados experimentales obtenidos hasta entonces y con los que se obtendrán más adelante mediante los trabajos de Millikan. Es importante que el alumno/a asimile correctamente los significados de la función trabajo o trabajo de extracción, de la frecuencia umbral, de la energía cinética máxima y del potencial de detención o de frenado, así como las relaciones entre ellos.
- La confirmación definitiva de la existencia de los fotones tuvo lugar con el descubrimiento del efecto Compton, del cual se da una descripción, junto con una representación gráfica de éste. Son de gran interés las relaciones matemáticas entre la cantidad de movimiento del fotón, su energía, su frecuencia y su longitud de onda.
- En el ejemplo 2 se trabaja con el efecto fotoeléctrico y las magnitudes función trabajo, frecuencia umbral, energía de los fotones y energía cinética máxima de los electrones arrancados.
- Por último, el tercero de los tres fenómenos comentados es el de los espectros atómicos. Rydberg estudió el del hidrógeno y dedujo la llamada fórmula de Rydberg, que permite calcular las diversas longitudes de onda de las líneas del espectro.
- Seguidamente se presenta cómo Bohr aplica la teoría cuántica a los átomos y a sus niveles energéticos y logra explicar las líneas espectrales y la fórmula de Rydberg cuantizando la energía que pueden tener los electrones en sus órbitas. El ejemplo 3 propone trabajar con la fórmula de Rydberg para conocer las longitudes de onda de las líneas espectrales de la serie de Balmer.

## 2. Mecánica cuántica

Se trata de una nueva teoría que desarrollaron los físicos a raíz de resultados experimentales como los que se acaban de estudiar.

- Se empieza por analizar la dualidad onda-partícula. Se refiere a la extensión a toda la materia conocida de la hipótesis de la doble naturaleza de la luz, como onda y como partícula.
- Como prueba experimental de lo acertado de la hipótesis, el alumno/a tiene en el margen la descripción del experimento de Davisson y Germer, en el que se comprueba la existencia de las ondas asociadas a los electrones por difracción de

éstos en un cristal iónico. También en el margen se hace mención al microscopio electrónico. Al final de la unidad se encuentra una descripción más detallada de este microscopio.

- Otra prueba del carácter ondulatorio de los electrones se muestra en el experimento de la doble rendija, que se acompaña de una imagen representativa.
- Los ejemplos 4 y 5 resultan muy interesantes, ya que en ellos se calcula la frecuencia y la longitud de onda de De Broglie de las ondas asociadas a unos electrones y a una bola de billar.
- A continuación, se estudia otro aspecto característico de la mecánica cuántica: el principio de indeterminación de Heisenberg. El profesor/a debe tener en cuenta que este principio es totalmente abstracto para el alumno/a, puesto que en la vida diaria no se detectan sus consecuencias debido al pequeño valor de la constante  $h$ . En el ejemplo 6 se calcula la indeterminación en el momento lineal y en la posición de una bola de billar.
- Después se estudia cómo los científicos trataron de disponer de un procedimiento general que interpretara el comportamiento de dichas partículas microscópicas. Se desarrollaron dos *formulaciones de la mecánica cuántica*, la *mecánica cuántica matricial* y la *mecánica cuántica ondulatoria*, totalmente equivalentes. El alumno/a, con el nivel de conocimientos que tiene, no puede llegar a comprender bien el contenido de estas formulaciones, como la ecuación de Schrödinger, de forma que debe tenerse en cuenta que para él todo esto es puramente descriptivo. Ocurre lo mismo con el tratamiento probabilístico y con el efecto túnel que se explican a continuación.
- Al llegar a los orbitales atómicos y a la cuantización de la energía de los electrones, de su momento angular y de su componente  $z$ , el alumno/a relaciona todo lo anterior con conocimientos previos que poseía respecto a la estructura del átomo, la distribución de sus electrones y los números cuánticos.
- Todo esto está trabajado en el ejemplo 7, en el que se calcula la energía, el módulo del momento angular y los valores posibles de la componente  $z$  de éste para el orbital 3d del átomo de hidrógeno.
- Continúa el apartado con *Resultados de la mecánica cuántica: el espín*. La primera idea que debe extraerse de ello es que, a raíz del desdoblamiento observado en algunas líneas de los espectros, se ve la necesidad de introducir otro número cuántico que indique la orientación del momento angular intrínseco del electrón respecto de un campo magnético externo.
- La segunda idea es la de que todas las partículas (electrones, protones, neutrones, fotones, partículas alfa...) tienen espín. Este valor puede variar, como se ve en una tabla, en la que se clasifican las partículas en dos grupos: los bosones, de espín entero y que no cumplen el principio de exclusión de Pauli, y los fermiones, de espín semientero y que sí lo cumplen.
- La unidad acaba con las aplicaciones de la mecánica cuántica que pueden resultar más familiares al alumno/a para ayudar a que se dé cuenta de cómo las teorías cuánticas, por extrañas que le puedan parecer, no sólo son ciertas sino que también tienen utilidad práctica y, por tanto, han ayudado a que la tecnología evolucione. Las aplicaciones que se describen son: la célula fotoeléctrica, el microscopio electrónico y el láser.

En **Física y sociedad** se describen las características de los semiconductores y de los superconductores. Las actividades del Reflexiona permiten trabajar este tema.

En el **Resumen de fórmulas** se presenta un esquema organizado según las secuencias de aprendizaje con las expresiones matemáticas que se han visto en esta unidad. Su finalidad es que el alumno/a repase, consolide e interiorice las fórmulas que han aparecido a lo largo de ella.

**Ideas clave**, como su nombre indica, pretende ser un resumen de las ideas principales que el alumno/a debe haber interiorizado al finalizar la unidad.



En la **Resolución de ejercicios y problemas** se incluye una serie de ejemplos prácticos en los que el alumno/a encuentra modelos para aprender a razonar. En ellos se trabaja el efecto fotoeléctrico y se calcula la energía de los fotones correspondientes a determinadas líneas del espectro del hidrógeno. Se proponen otros ejercicios semejantes.

En **Ejercicios y problemas** se incluye una serie de ejercicios para comprobar y consolidar los conocimientos adquiridos en la unidad y aplicarlos a nuevas situaciones. Estos ejercicios van acompañados de la solución para favorecer el proceso de la autoevaluación.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- ✓ Enunciar la hipótesis de Planck y describir qué se pretendía explicar gracias a ella.
- ✓ Describir el efecto fotoeléctrico y razonar por qué la teoría ondulatoria no puede explicarlo y sí la teoría de Einstein.
- ✓ Explicar la hipótesis de De Broglie y la dualidad onda-partícula.
- ✓ Describir el principio de indeterminación de Heisenberg y sus consecuencias.
- ✓ Resolver ejercicios de cálculo de frecuencias y energías de fotones.
- ✓ Resolver ejercicios del efecto fotoeléctrico.
- ✓ Realizar ejercicios de cálculo de la longitud de onda de De Broglie.

## UNIDAD DIDÁCTICA Nº 10

### Física nuclear

#### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

- ❖ Comprender en qué consiste la radiactividad. Conocer las características de las partículas alfa y beta, así como de la radiación gamma.
- ❖ Entender la ley de la desintegración radiactiva y aplicarla en procesos de desintegración.
- ❖ Conocer los efectos biológicos y las aplicaciones de la radiactividad.

- ❖ Describir el núcleo atómico y las fuerzas nucleares.
- ❖ Comprender los conceptos de energía de enlace, defecto de masa y energía de enlace por nucleón.
- ❖ Entender y saber escribir las reacciones nucleares.
- ❖ Conocer en qué consisten la fisión y la fusión nucleares.
- ❖ Clasificar las partículas subatómicas y las fuerzas fundamentales de la naturaleza.
- ❖ Valorar la utilidad del descubrimiento de la radiactividad.
- ❖ Valorar las ventajas y los inconvenientes de las reacciones de fisión y de fusión.

## CONTENIDOS

### CONCEPTUALES:

1. Radiactividad. Radiaciones alfa, beta y gamma.
2. Desintegración radiactiva.
3. Efectos biológicos y aplicaciones de la radiactividad.
4. Núcleo atómico.
5. Fuerzas nucleares.
6. Energía de enlace y defecto de masa.
7. Reacciones nucleares.
8. Fisión y fusión nucleares.
9. Partículas elementales y fuerzas fundamentales.

### PROCEDIMENTALES:

- Cálculo de la variación en el número másico y el número atómico de elementos que emiten partículas alfa y beta.
- Cálculo de constantes radiactivas, tiempos de desintegración y número de núcleos presentes en una muestra radiactiva.
- Relación que tiene la pérdida de masa en la formación de los núcleos y en las reacciones nucleares con el desprendimiento de energía.
- Cálculo de energías de enlace en los núcleos.
- Formulación de reacciones nucleares.
- Clasificación de las partículas subatómicas y las fuerzas fundamentales de la naturaleza.

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

La imagen de entrada de la unidad muestra las trayectorias de partículas que colisionan en el interior de un acelerador. El texto que acompaña la imagen afirma que la ciencia está al servicio de la humanidad y debe respetar la vida, la dignidad y la libertad.

Los *Objetivos* indican las capacidades que se pretende que el alumno/a desarrolle a lo largo de la unidad.

Un esquema muestra la organización de los contenidos de la unidad.

La *Preparación de la unidad* contiene definiciones y actividades con la finalidad de evocar los contenidos necesarios para abordarla.

- Se recuerda la constitución de los átomos y en particular del núcleo atómico, el significado de número atómico, los isótopos, la unidad de masa atómica, la masa atómica, el mol, la energía de un fotón, la relación entre la longitud de onda y la frecuencia, y la relación relativista entre masa y energía.
- Se proponen actividades que permiten poner en práctica los conocimientos adquiridos anteriormente y que se usarán en esta unidad: determinar elementos químicos a partir de sus números atómicos con ayuda de la tabla periódica, explicar qué es un megaelectronvoltio y calcular a cuántos julios equivale.

### 1. Radiactividad

- La unidad empieza describiendo cómo Becquerel descubrió la radiactividad en el uranio y cómo el matrimonio Curie siguió investigando sobre ésta, descubriendo nuevos elementos radiactivos. A continuación, se define la radiactividad, para seguir con la descripción de las radiaciones alfa, beta y gamma, proviniendo todas ellas del núcleo atómico.
- Después se estudia la desintegración radiactiva, con la ley de la emisión radiactiva y las constantes usadas para medir la velocidad de la desintegración y la actividad: el período de semidesintegración y la vida media. En el ejemplo 1 se propone calcular la constante radiactiva y el período de semidesintegración de una muestra radiactiva.
- Finalmente, se estudian los efectos biológicos y aplicaciones de la radiactividad. Se exponen los efectos de la radiactividad, tanto los beneficiosos como los perjudiciales; también se presentan las unidades en que se miden los efectos biológicos de la radiación: el sievert y el rem, y se ordenan las distintas radiaciones ionizantes por su grado de peligrosidad.

### 2. El núcleo atómico

- Puede iniciarse el apartado repasando el descubrimiento del núcleo por Rutherford, según el cuadro del margen del libro, y seguir con sus características y las partículas que lo forman. Es muy importante que el alumno/a conozca que el núcleo tiene distintos niveles energéticos, de forma semejante a los electrones en la corteza, pudiendo encontrarse a veces en estados excitados, de forma que emiten radiación gamma y rayos X al volver a niveles inferiores o a su estado fundamental. Por otra parte, los valores de la diferencia energética entre los diferentes niveles del núcleo es muy alta, del orden de un millón de veces superiores a la de los desniveles energéticos de los electrones.
- También debe explicarse al alumno/a que, aunque no se conoce cómo es la estructura del núcleo, se han podido determinar las características de las fuerzas entre los nucleones, esto es, de las fuerzas nucleares. Estas características se encuentran especificadas en un cuadro.
- Se exponen a continuación los conceptos de energía de enlace y de defecto de masa en la formación del núcleo y se explica cómo se calcula la energía de enlace por nucleón de un núcleo determinado. En el ejemplo 2 se calcula la energía de enlace a partir del defecto de masa del núcleo de un isótopo del hierro. Los resultados de esta energía se acostumbran a dar en MeV.

### 3. Reacciones nucleares

- El apartado comienza describiendo la primera reacción nuclear provocada artificialmente para seguir con la definición de reacción nuclear e indicando cómo deben expresarse.
- Se describen tres tipos de reacciones nucleares de interés: las que producen emisiones radiactivas alfa, beta y gamma, la fisión y la fusión.
- En *Reacciones nucleares y radiactividad* se estudian las emisiones de partículas alfa y beta. El alumno/a debe entender que hay núcleos inestables que tienden a la estabilidad emitiendo esas partículas y lo que supone para el núcleo el emitir cada una de ellas. Se indica a continuación lo que se entiende por serie o familia radiactiva. En el ejemplo 3 se pide escribir las reacciones nucleares que tendrán lugar en un núcleo que emite en primer lugar una partícula alfa y, a continuación, una beta.
- Después del estudio de las reacciones nucleares que producen emisiones radiactivas alfa, beta y gamma se estudian las reacciones de fisión nuclear. Se trata de unas reacciones fuertemente exotérmicas en las que un núcleo pesado se fragmenta en dos más ligeros. Se comienza describiendo la primera de estas reacciones, conseguida por Hahn y Strassman en 1938.
- Se encuentran al margen dos cuestiones de interés: cómo se obtienen los neutrones lentos necesarios en la fisión y las partes de que consta una central nuclear.
- Las últimas reacciones nucleares que se analizan son las de fusión nuclear. Se trata también de unas reacciones fuertemente exotérmicas en las que núcleos ligeros se unen para formar otros más pesados.

### 4. Partículas subatómicas y fuerzas fundamentales

- En cuanto a los diferentes tipos de partículas, es importante que el alumno/a entienda el hecho, nuevo para él, de que las partículas que componen el núcleo, así como otras que existen y aún no conoce, están formadas a su vez por otras partículas. Hasta ahora, electrones, protones y neutrones eran las masas más pequeñas que conocía; ahora comprueba que únicamente los electrones son indivisibles, pero que los protones y los neutrones, no. En el cuadro que se presenta en este apartado se pueden ver los tipos de partículas que existen, así como qué son los quarks y sus seis clases. El alumno/a encuentra también por primera vez la noción de antipartículas y de antimateria. Al margen se describen los aceleradores de partículas, en los que se han creado y descubierto muchas de esas partículas.
- Al tratar las fuerzas fundamentales se recuerdan los cuatro grupos que existen en la naturaleza: la gravitatoria, la electromagnética, la nuclear fuerte y la nuclear débil. En lo referente a la unificación de las fuerzas fundamentales se describen los intentos que se llevan a cabo para aunar en un único campo las cuatro fuerzas fundamentales.
- En el ejemplo 4 se resuelve el problema de cálculo de la energía necesaria para la creación de un par electrón-positrón.

En **Física y sociedad** se describen dos aplicaciones de la radiactividad: la datación de fósiles y la medicina nuclear. Las actividades del Reflexiona permiten trabajar estos temas.

En el **Resumen** se presenta una tabla organizada que incluye los contenidos esenciales expuestos en la unidad: la radiactividad natural, el núcleo atómico (fuerzas nucleares, energía de enlace y reacciones nucleares), las partículas subatómicas y las fuerzas fundamentales.

En la **Resolución de ejercicios y problemas** se trabajan las leyes de la desintegración radiactiva natural, la energía liberada en las reacciones nucleares y las reacciones nucleares de fisión y fusión. Se proponen además otros ejercicios semejantes.

En **Ejercicios y problemas** se propone una serie de cuestiones y ejercicios referentes a los contenidos expuestos en la unidad, como resumen de ésta.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- ✓ Explicar en qué consiste la radiactividad natural y describir la naturaleza de las radiaciones emitidas.
- ✓ Hacer ejercicios de aplicación de la ley de emisión radiactiva y del período de semidesintegración.
- ✓ Exponer los efectos biológicos de la radiactividad y sus aplicaciones.
- ✓ Describir el núcleo atómico y las clases de fuerzas nucleares.
- ✓ Calcular la energía de enlace por nucleón de un isótopo dado.
- ✓ Clasificar las distintas formas de reacciones nucleares expresando correctamente las ecuaciones correspondientes.
- ✓ Explicar los riesgos y las aplicaciones de la fisión y de la fusión nucleares.
- ✓ Describir los elementos fundamentales y el funcionamiento de las centrales nucleares de fisión.
- ✓ Clasificar las partículas elementales y describir sus características.
- ✓ Participar en los coloquios y los debates organizados acerca de los riesgos y las ventajas de la radiactividad y de la fisión y la fusión nucleares.

## 4. METODOLOGIA

Como criterio metodológico básico, hemos de resaltar que en Bachillerato se ha de facilitar y de impulsar el trabajo autónomo del alumno y, simultáneamente, estimular sus capacidades para el trabajo en equipo —dada la dimensión colectiva de la actividad científica—, potenciar las técnicas de indagación e investigación —enfoque experimental y método científico— y las aplicaciones y transferencias de lo aprendido a la vida real —en la medida de lo posible se parte de sucesos que se producen en el entorno del alumno para luego analizarlos y explicarlos a la luz de las teorías científicas—. No debemos olvidar que esta materia

adquiere todo su sentido cuando le sirve para entender el mundo en que vive, aunque en muchos momentos no disponga de respuestas adecuadas para ello (la ciencia es una actividad en permanente construcción y revisión, y como ejemplo, el *fracaso* de la física clásica, que hubo de dejar paso a la física moderna). El desarrollo de esta materia y de sus afines en este curso (*Química, Ciencias de la Tierra y Medioambientales, Electrotecnia, Tecnología Industrial*, preferentemente, por ser materias de esta modalidad) debe mostrar no solo los usos aplicados de estas ciencias, sus implicaciones sociales y tecnológicas, también realizar actividades de aprendizaje interdisciplinares con ellas.

No se ha olvidado en ningún momento que el sujeto activo es un alumno adolescente, por lo que se ha adaptado el lenguaje y la didáctica a sus necesidades y a las condiciones en que se desarrolla el proceso educativo en el aula. El mismo criterio rige para las actividades y textos sugeridos y para la gran cantidad de material gráfico que se ha empleado, de modo que el mensaje es de extremada claridad expositiva, sin caer en la simplificación, y todo concepto científico es explicado y aclarado, sin considerar que nada es sabido previamente por el alumno, independientemente de que durante el curso anterior (1º de Bachillerato) haya estudiado algunos de estos contenidos en la materia de *Física y Química* (materia de la que requiere conocimientos), *Ciencias para el mundo contemporáneo...* y se haya familiarizado con las técnicas de investigación científica.

Se adopta un enfoque experimental de la actividad científica y tecnológica, por lo que se parte, en la medida de lo posible y tal como se ha citado anteriormente, de sucesos que ocurren en el entorno del alumno, que luego son analizados al amparo de teorías científicas. De esta forma, comprueba que las cosas no suceden por azar o por casualidad, por lo que en la medida en que conocemos sus causas se puede actuar sobre ellas y modificar sus consecuencias o, al menos, las condiciones en que se producen, es decir, el mismo hecho de su realización. Así se contextualiza el conocimiento científico en su realidad histórica y social —el desarrollo científico y técnico está íntimamente relacionado con el desarrollo económico e industrial— y se puede comprobar que se encuentra en permanente revisión, en el que metodológicamente se parte de conocimientos previos para avanzar gradualmente en otros más precisos y complejos. Esta forma de encarar los contenidos permite que el alumno compruebe por sí mismo que la física es una ciencia de utilidad práctica y que, por tanto, es factible que pueda resolver problemas que acucian a la sociedad, sin olvidar que también puede crear otros de gran incidencia medioambiental. En cualquier caso, todo ello forma al alumno en la comprensión del mundo en que vive y le da instrumentos para actuar de forma crítica y responsable.

**En el desarrollo del currículo de Bachillerato, en general, y del de Física, en particular, adquieren una gran relevancia los elementos metodológicos y epistemológicos. Esta relevancia se corresponde con el tipo de pensamiento y nivel de capacidad de los alumnos, que al comenzar estos estudios han adquirido, en cierto grado, el pensamiento abstracto formal, pero que deben desarrollarlo plenamente. Dado su carácter experimental, el alumno debe acostumbrarse a formular hipótesis, a participar en experimentos de laboratorio —y, complementariamente, a ver vídeos y a utilizar programas informáticos interactivos que simulen situaciones de laboratorio—, a analizar datos y resultados, a usar una terminología adecuada, etc. El Bachillerato ha de contribuir a ello, así como a la consolidación y desarrollo de otras capacidades sociales y personales ya citadas anteriormente.**

Se adopta un enfoque histórico en sus planteamientos, por lo que trata de explicar el porqué de los conceptos, teorías, hechos, etc., y su origen, de modo que se contextualiza el conocimiento científico en su realidad histórica y social. En esta línea, se considera vital que el alumno conozca y pueda explicar desde un punto de vista científico fenómenos cotidianos de su realidad más cercana.

En muchas ocasiones el alumno no se muestra capaz de resolver determinadas actividades, pero gracias a la realización de contenidos procedimentales con problemas resueltos, se explica el método para su resolución. En suma, se está fomentando de este modo el aprendizaje reflexivo (de hecho, intercalado con el desarrollo de los contenidos hay un apartado denominado específicamente *Reflexiona*) y el aprendizaje basado en el método científico.

El trabajo con datos básicos y actualizados, textos de ampliación, biografías de científicos relevantes, procesos científicos reales, etc., es fundamental no solo para desarrollar muchos contenidos sino que se convierte en un importante recurso metodológico para atraer la atención del alumno, base de un aprendizaje *significativo* que le implique en la *construcción* de su propio aprendizaje.

Para facilitarle al alumno la adquisición de conocimientos, se incluyen en el libro de texto dos unidades complementarias (*Herramientas matemáticas de la física* y *Repaso de mecánica*), en cuanto que aportan contenidos básicos para el aprendizaje de esta materia. De la misma forma, cada uno de los cinco bloques en que se han organizado los contenidos en el libro de texto se introduce mediante una imagen alusiva y un texto que los interrelaciona y contextualiza.

Todas las consideraciones metodológicas enunciadas anteriormente tienen su reflejo en la organización interna del libro del alumno que se va a utilizar, y que mantiene en cada unidad didáctica (1-14) la siguiente estructura:

- página inicial de **presentación de la unidad**, en la que se introducen los contenidos que se van a abordar a partir de un texto, una fotografía y unas cuestiones de diagnóstico previo.
- páginas de **desarrollo de contenidos**, con una explicación detallada de conceptos y procedimientos, además de apartados como *Reflexiona*, para estimular la atención del alumno y extraer conclusiones que se desarrollan mediante la propia explicación de los conceptos; *Aplicación*, con ejercicios resueltos y demostración de resolución; *Actividades*, de desarrollo de los contenidos —las que están relacionadas con el modelo de pruebas de acceso a la universidad se indican mediante el icono PAU—; *Textos de ampliación y complementarios*, que complementan y profundizan los contenidos... Característica fundamental de todas estas páginas es el ingente aparato gráfico, considerado imprescindible para una mejor comprensión y aplicación de los distintos tipos de contenido.
- páginas de **Cuestiones y problemas resueltos**, que desarrollan los contenidos procedimentales y las estrategias de resolución para favorecer un aprendizaje reflexivo (algunos de los cuales también son identificados, por sus características, con el icono PAU).
- páginas de **Cuestiones y problemas**, que permiten consolidar los aprendizajes efectuados en la unidad, y que pueden ser de *aplicación* (para su resolución se han de aplicar los contenidos trabajados en la unidad), de *razonamiento* (para la reflexión de los alumnos sobre las aplicaciones cotidianas de las ciencias y sus relaciones) y de *cálculo* (problemas numéricos en los que hay que aplicar los contenidos de la unidad).

## 5. CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

La evaluación consistirá en determinar el grado en que se han conseguido las distintas capacidades terminales; en relación a esta materia:

- **INICIAL: Al principio del proceso.** para conocer el nivel cognitivo de partida.
- **CONTINUA: Durante el proceso.** conocer cómo evolucionan.



- **SUMATIVA: Al final del proceso.** referida a los objetivos que se han alcanzado.

Como criterios generales de la asignatura se tendrá en cuenta para cada alumno/a en particular:

- La puntualidad y asistencia a clase.
- El interés mostrado en el aprendizaje.
- La realización de las tareas en tiempo y forma.
- La corrección en clase, con los/as compañeros/as y los/as profesores/as.
- El aprovechamiento y buen uso de los medios materiales de laboratorio, y demás medios didácticos.

## PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN

- Evaluación inicial, realización de un sondeo de conceptos conocidos para fijar el punto de partida de la unidad.
- Observación del trabajo desarrollado en el aula por los alumnos, tanto a nivel individual como a nivel colectivo.
- Se Valora la participación en clase cuando se formulan preguntas, en debates.
- Valoración de la resolución de problemas de la unidad en la pizarra.
- Realización de una prueba de evaluación. Constará de un examen de teoría y otro de problemas. La calificación final será la media aritmética de ambas.

## MECANISMOS DE RECUPERACIÓN.

Analizados los posibles factores que han impedido la superación de la evaluación, se diseña un plan de recuperación:

- Realización de: Resumen teórico de la unidad y Esquemas conceptuales.
- Formularios, incluyendo leyenda de las magnitudes y unidades.
- Intercalar en todo el proceso de recuperación listas de control, con objeto de evaluar el avance del aprendizaje y localizar los apartados donde no hay evolución.
- Propuesta de cuestiones teóricas que impliquen al alumnado en la investigación de las mismas.
- Inducir vías de solución de problemas, alternado ejercicios resueltos y propuestos.

- Realización prueba escrita de recuperación, que suponga un reto para alcanzar la calificación.

## 5.1. CRITERIOS DE CALIFICACIÓN.

El peso dentro de la evaluación de los contenidos será:

<b>Contenidos Procedimentales</b>	10%
<b>Contenidos Conceptuales</b>	90%
<b>Calificación:</b>	100%

### Valoración contenidos procedimentales.

Se tendrán en cuenta los siguientes criterios con la correspondiente asignación del peso sobre la calificación total.

- Preguntas en clase: 5%
- La realización de las tareas en tiempo y forma, sumado a la resolución de problemas de la unidad en la pizarra: 5%.

### Valoración contenidos Conceptuales.

Se realizarán pruebas escritas por evaluación.

Si hay examen de preevaluación 25%.

El examen de evaluación hasta 75%

## CRITERIOS ESPECIFICOS DE CALIFICACIÓN EN LAS PRUEBAS ESCRITAS.

(Coinciden con los utilizados en las pruebas de selectividad)

### Cuestiones

Dado que en las cuestiones se pretende incidir, fundamentalmente, en la comprensión por parte de los alumnos/as de los conceptos, leyes y teorías y su aplicación para la explicación de fenómenos físicos familiares, la corrección respetará la libre interpretación del enunciado, en tanto sea compatible con su formulación, y la elección del enfoque que considere conveniente para su desarrollo, si bien debe exigirse que sea lógicamente correcto y físicamente

adecuado. Por tanto, ante una misma cuestión, cabe esperar que puedan darse diversas respuestas, que resulte difícil concretar de antemano.

En este contexto, la valoración de cada uno de los apartados de las cuestiones, atenderá a los siguientes aspectos:

- **Comprensión y descripción cualitativa del fenómeno.**
- **Identificación de las magnitudes necesarias para la explicación de la situación física propuesta.**
- **Aplicación correcta de las relaciones entre las magnitudes que intervienen.**
- **Utilización de diagramas, esquemas, gráficas, ..., que ayuden a clarificar la exposición.**
- **Precisión en el lenguaje, claridad conceptual y orden lógico.**

## **Problemas**

El objetivo de los problemas no es su mera resolución para la obtención de un resultado numérico; se pretende valorar la capacidad de respuesta de los alumnos/as ante una situación física concreta, por lo que no deben limitarse a la simple aplicación de expresiones y cálculo de magnitudes. Por otro lado, una correcta interpretación de la situación sin llegar al resultado final pedido, debe ser valorada apreciablemente.

En aquellos problemas en los que la solución del primer apartado pueda ser necesaria para la resolución del segundo, se calificará éste con independencia de aquel resultado.

Para la valoración de cada uno de los apartados de los problemas, a la vista del desarrollo realizado por el alumno/a, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- **Explicación de la situación física e indicación de las leyes a utilizar.**
- **Descripción de la estrategia seguida en la resolución.**
- **Utilización de esquemas o diagramas que aclaren la resolución del problema.**
- **Expresión de los conceptos físicos en lenguaje matemático y realización adecuada de los cálculos.**
- **Utilización correcta de las unidades y homogeneidad dimensional de las expresiones.**
- **Interpretación de los resultados y contrastación de órdenes de magnitud de los valores obtenidos.**
- **Justificación, en su caso, de la influencia en determinadas magnitudes físicas de los cambios producidos en otras variables o parámetros que intervienen en el problema.**