

PROGRAMACIÓN
DEPARTAMENTO
DE
FÍSICA Y QUÍMICA

CURSO 2009/2010

PROGRAMACIÓN

DE

FÍSICA

2º BACHILLERATO

FÍSICA

La Física es una ciencia que contribuye a comprender la materia, su estructura y sus transformaciones y que tiene enormes implicaciones en nuestras sociedades. Esta materia supone una continuación de la Física estudiada en el curso anterior, centrada en la mecánica de los objetos asimilables a puntos materiales y en una introducción a la electricidad.

Las aportaciones de la Física al desarrollo del ser humano y de la sociedad se han ido sucediendo, fundamentalmente, mediante sus aplicaciones prácticas en telecomunicaciones, instrumentación médica, biofísica y nuevas tecnologías, entre otras.

La Física contribuye al desarrollo de las capacidades recogidas en los objetivos generales de la etapa, especialmente en aquellas orientadas al conocimiento científico y tecnológico (objetivos *j* e *i*). Así mismo contribuye, como el resto de las materias, al desarrollo de otras capacidades recogidas en los objetivos *a*, *b*, *c*, *e*, *g* y *k*. También contribuye a orientar al alumno/a de cara a su futuro académico. A través de esta materia se desarrolla la competencia científica y tecnológica con la comprensión de los problemas actuales desde una aproximación crítica a las ciencias, a la vez que desarrolla competencias comunes como la comunicación lingüística, el tratamiento de la información y competencia digital, la competencia social y ciudadana, la autonomía y espíritu emprendedor y la competencia emocional.

Objetivos

La enseñanza de la Física tendrá como finalidad contribuir a desarrollar en el alumnado las siguientes capacidades:

1. Adquirir y poder utilizar con autonomía conocimientos básicos de la física.
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.
4. Expresar mensajes orales y escritos con propiedad, así como interpretar diagramas, gráficas, tablas, expresiones matemáticas y otros modelos de representación.
5. Utilizar las tecnologías de la información y la comunicación para tratar datos y extraer y utilizar información de diferentes fuentes.
6. Aplicar los conocimientos físicos a la resolución de problemas de vida cotidiana.
7. Comprender las interacciones 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 el desarrollo de la Física como un proceso complejo y dinámico que ha realzado grandes a la revolución cultural de la humanidad.
9. Reconocer los principales retos a los que se enfrenta la investigación en este campo de la ciencia.

Unidades didácticas

Herramientas matemáticas

Mecánica

1. Dinámica de traslación y de rotación
2. Campo gravitatorio
3. Gravitación en el universo
4. Movimientos vibratorios
5. Movimiento ondulatorio
6. Fenómenos ondulatorios

Electromagnetismo

7. Campo eléctrico
8. Campo magnético
9. Inducción electromagnética
10. La luz

Introducción a la física moderna

11. Física relativista
12. Física cuántica
13. Física nuclear

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

Conceptos

- Razones trigonométricas.
- Vector libre.
- Producto escalar y producto vectorial.
- Derivada de una función en un punto. Función derivada.
- Función primitiva.
- Integral indefinida. Integral definida.

Procedimientos

- 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.

Valores

- Valoración de la importancia de utilizar un método general en la resolución de problemas.
- Valoración de la necesidad de efectuar cálculos matemáticos para trabajar en física.
- Valoración de la amplia aplicación de las herramientas matemáticas en el estudio de la física.
- Reconocimiento de la influencia del estudio de la física en el desarrollo de muy diversas ramas de las matemáticas.

Actividades de aprendizaje

Pretenden que el alumno/a repase una serie de conceptos y operaciones matemáticas necesarias en este curso de Física.

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

Evaluación

La evaluación de las capacidades de este tema se irá efectuando a lo largo del curso, se 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 1. Dinámica de traslación y de rotación

Objetivos didácticos

- Conocer qué es la cantidad de movimiento y utilizar el teorema de conservación de la cantidad de movimiento.
- Calcular el momento de una fuerza respecto de un punto y conocer el efecto que produce un momento diferente de cero sobre un sólido rígido.
- Calcular el momento de inercia en el caso de un sistema discreto de partículas.
- Conocer y aplicar la ecuación fundamental de la dinámica de rotación.
- Conocer la definición del momento cinético o angular y calcularlo, tanto para una partícula como para un sistema de partículas.
- Comprender el teorema de conservación del momento angular y saber aplicarlo para determinar variaciones en la velocidad angular de un sólido rígido.

Contenidos

Conceptos

- Movimientos circulares.
- Leyes de Newton. Aplicaciones.
- Cantidad de movimiento y teorema de conservación de la cantidad de movimiento.
- Movimiento de rotación. Momento de una fuerza.
- Ecuación fundamental de la dinámica de rotación. Momento de inercia.
- Momento cinético o angular y teorema de conservación del momento angular.

Procedimientos

- Aplicación de las expresiones del movimiento circular y de las magnitudes angulares.
- Cálculos de momentos de fuerzas.
- Aplicación de la ecuación fundamental de la dinámica de rotación.
- Expresión de momentos de inercia de sólidos rígidos, discretos y continuos.
- Cálculo del momento angular y resolución de ejercicios y problemas en los que se conserva el momento angular.

Valores

- Valoración de la necesidad de extremar la prudencia en la conducción, respetando los límites de velocidad.
- Valoración de la necesidad de aplicar las herramientas matemáticas en el estudio

de la física.

- Valoración de la importancia de utilizar un método general en la resolución de ejercicios.
- Reconocimiento de la utilidad de las leyes de la física en la interpretación de fenómenos de nuestro entorno.
- Reconocimiento de la aplicación de la dinámica de rotación en la resolución de problemas de la vida cotidiana.

Actividades de aprendizaje

- 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. Movimiento de rotación

- Causas de este tipo de movimiento: un momento de las fuerzas no nulo. Definición de momento de una fuerza. Cálculo de los momentos de dos fuerzas utilizando su definición como producto vectorial del vector de posición por la fuerza.
- Estudio del momento de inercia. Esta nueva magnitud física influye en todos los aspectos de la rotación, así como la masa influye en los de traslación. Se establece la diferencia en el cálculo del momento de inercia en los casos de sólidos discretos y continuos.
- Estudio de la relación entre el momento de inercia y el momento resultante de las fuerzas y la aceleración angular, que equivale a la llamada ecuación fundamental de la dinámica de rotación, correspondiente en rotación a la segunda ley de Newton en traslación. Se calculan momentos de inercia y se aplica la ecuación fundamental.
- Estudio de una nueva magnitud vectorial que va a tener una utilidad en rotación semejante a la de la cantidad de movimiento en traslación, el momento cinético o angular. Definición y expresión en función de la cantidad de movimiento y en función del momento de inercia y de la velocidad angular. La utilidad del momento angular está principalmente en los casos en que se conserva, porque serán cuestiones que no pueden resolverse mediante la ecuación fundamental de la dinámica de rotación. Se expresan las condiciones para que el momento total de las fuerzas exteriores sea nulo.

Evaluación

- Calcular el momento de una fuerza respecto de un punto y aplicar la ecuación fundamental de la dinámica de rotación.
- Calcular el momento de inercia de un sistema de partículas respecto de un eje

determinado.

- Plantear y resolver cuestiones o ejercicios de aplicación de la conservación del momento angular.

UNIDAD 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

Conceptos

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

Procedimientos

- 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.

Valores

- Valoración de la utilidad del método científico en el descubrimiento de la ley de la gravitación universal.
- Reconocimiento de la importancia del estudio del campo gravitatorio en el avance de la ciencia y la tecnología.
- Valoración de la importancia actual de los medios de transporte aéreo y de la investigación del espacio.

Actividades de aprendizaje

- 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

- 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.
- Aportación de Galileo quien, mediante la observación del firmamento con su telescopio, confirmó el modelo heliocéntrico de Copérnico. Se enuncian las leyes de Kepler sobre el movimiento de los planetas. Interpretación de Newton mediante la existencia de una fuerza a la que llamó gravedad y que mantiene a la Luna en su órbita.
- 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 para calcular la fuerza con que se atraen dos masas, una vez conocida 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 conservativas 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

- 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.
- Se exponen las magnitudes escalares de energía potencial gravitatoria y potencial gravitatorio. Cálculo de las mismas.
- Representación del campo gravitatorio. El alumno/a aprende las formas de visualizar los campos mediante representaciones gráficas: líneas de campo y superficies equipotenciales.
- Determinación del campo gravitatorio, para el caso de masas que no sean puntuales, por medio del teorema de Gauss. 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 **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.

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.

UNIDAD 3. 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

Conceptos

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

Procedimientos

- 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.

Valores

- Valoración de la importancia del estudio del campo gravitatorio terrestre por su relación directa con todo lo que nos rodea: la Tierra en particular y el universo en general.
- Reconocimiento de la utilidad de las leyes de la física para interpretar fenómenos de nuestro entorno.
- Valoración de la utilidad de los vuelos espaciales y de la curiosidad del ser humano por conocer el universo que le rodea.

Actividades de aprendizaje

- 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.

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*.

1. Campo gravitatorio de la Tierra

- Definición del campo gravitatorio terrestre. Definición y cálculo y de la intensidad del campo gravitatorio terrestre.
- Se define el peso de un cuerpo y se observa cómo la intensidad del campo gravitatorio terrestre coincide con la aceleración de la gravedad. Cálculo del peso de un satélite artificial utilizando la intensidad del campo gravitatorio.
- Relación entre la gravedad a una altura h y la gravedad sobre la superficie terrestre, para determinar a qué altura sobre la superficie terrestre se reduce el peso de un cuerpo en un tanto por ciento.
- Diferencias entre peso y masa. Visualización de estas diferencias en campos gravitatorios distintos al terrestre.
- Definición y expresión matemática de la Energía potencial gravitatoria.
- Potencial gravitatorio terrestre en un punto. Definición y 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.

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.

- Descripción del movimiento de planetas y satélites. Se calculan la velocidad orbital y el período de revolución.
- Cálculo de la energía mecánica total que poseen los satélites, así como la velocidad mínima para escapar de la atracción terrestre, la llamada velocidad de escape.
- 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...).
- Enunciado y 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.

En **Física y sociedad** se destacan los principales hitos en la historia de los vuelos espaciales.

Evaluación

- Definir y manejar 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 4. 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.
- Apreciar las aplicaciones de los conocimientos científicos a distintos ámbitos de la sociedad.

Contenidos

Conceptos

- Movimientos periódicos, oscilatorios y armónicos simples.
- Amplitud, período, frecuencia y pulsación de un MAS.
- Ecuaciones de la elongación, de la velocidad y de la aceleración de un móvil con MAS.
- Relación entre el MAS y el MCU.
- Fuerzas recuperadoras elásticas como generadoras del MAS.
- Energías cinética, potencial elástica y mecánica total de un móvil con MAS.
- Péndulo simple.
- Movimiento oscilatorio amortiguado. Oscilaciones forzadas.
- Fenómenos de resonancia.

Procedimientos

- Representación gráfica de la elongación de un MAS en función del tiempo.
- Deducción de la amplitud, el período, la frecuencia y la pulsación a partir de la ecuación de la elongación.

- Deducción 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.
- Deducción 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.

Valores

- Valoración de la gran cantidad y diversidad de MAS que ocurren a nuestro alrededor.
- Reconocimiento de la utilidad de las leyes de la física para interpretar los fenómenos de nuestro entorno.
- Correcta calibración de la importancia de la resonancia para evitar accidentes de diferente trascendencia y reconocimiento de sus aplicaciones en distintos ámbitos de la sociedad.

Actividades de aprendizaje

- 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

- Tratamiento de los movimientos periódicos en general. Se explica lo que significa que un movimiento sea periódico, así como lo que se conoce por período.
- 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.
- Movimiento armónico simple, MAS, como caso particular de los movimientos vibratorios.
- Se definen las características de este movimiento: oscilación, centro de oscilación, elongación, amplitud, período, frecuencia y pulsación. Obtención de las ecuaciones que permiten conocer la posición, la velocidad y la aceleración de una partícula en un instante dado, en el MAS.

- Ecuación fundamental del MAS y representación gráfica de la elongación en función del tiempo. 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 $t = 0$.
- Se calcula la velocidad derivando la ecuación de la posición. 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.
- Cálculo de la aceleración, derivando 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. Se calculan la posición, la velocidad y la aceleración en un MAS en función del tiempo.
- Comparación del MAS y el MCU.

2. Oscilador armónico simple

Estudio dinámico y energético del MAS.

- 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.
- Se deducen las relaciones entre la pulsación y el período del MAS con la masa del móvil y la constante recuperadora K . Análisis de la conexión entre las fuerzas de recuperación elásticas, como las de un muelle, y el movimiento que producen.
- Estudio del 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).
- Conservación de la energía mecánica. 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.
- Estudio del péndulo simple. Este oscilador armónico se toma como ejemplo de sistema que describe un MAS cuando las oscilaciones son pequeñas, según se demuestra. Deducción del período y la pulsación del MAS del péndulo simple, y observación 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).

3. Otros movimientos vibratorios

- Se estudian los movimientos oscilatorios amortiguados y las oscilaciones forzadas. Ambos se introducen como casos reales (en contraposición al caso ideal del MAS) donde se tienen en cuenta pérdidas y suministros de energía. El comportamiento de estos sistemas puede verse a partir de la representación gráfica de la amplitud respecto del tiempo.
- Se introduce el concepto de resonancia se describen fenómenos curiosos y reales que ocurren o han ocurrido como consecuencia del efecto de la resonancia.

Evaluación

- Definir y manejar las expresiones correspondientes de las magnitudes más importantes estudiadas.
- 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 5. 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

Conceptos

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

Procedimientos

- 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.

Valores

- Reconocimiento de la utilidad de las leyes de la física para interpretar los fenómenos de nuestro entorno.
- Valoración crítica de la repercusión de la contaminación acústica en la salud.
- Valoración de la necesidad de contribuir a la disminución de la contaminación acústica.
- Valoración de la importancia de las aplicaciones de los ultrasonidos en la sociedad.

Actividades de aprendizaje

- 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

- Características generales de los movimientos ondulatorios: propagación no instantánea de una perturbación y transmisión de energía, pero no de materia.
- Clasificación de las ondas según necesiten o no de un medio material por el que transmitirse: ondas mecánicas y ondas electromagnéticas.

2. Ondas mecánicas

- El estudio se centra en las ondas mecánicas, aunque muchos de los conceptos y las propiedades son aplicables a las ondas electromagnéticas. Clasificación en

ondas transversales y longitudinales, aportando al alumno/a los ejemplos de la cuerda y el resorte. Naturaleza de las ondas superficiales en el agua.

- Estudio de la velocidad de las ondas mecánicas. 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.

3. Ondas armónicas

- Definición de las ondas armónicas. Características de las ondas armónicas transversales y longitudinales: amplitud, período, frecuencia y longitud de onda. Relación de la longitud de onda y la frecuencia con la velocidad de la onda.
- Análisis de la función de onda. Ecuación de la posición, de todas las partículas del medio en función del tiempo, para ondas transversales y unidimensionales.
- Introducción del número de ondas junto con la pulsación, para la obtención de una expresión más sencilla de la función de onda.
- Características de la onda a partir de la función de onda y cálculo de las ecuaciones de la velocidad y de la aceleración de las partículas del medio. Se destaca la diferencia entre las 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.
- Expresión matemática de la función de onda. Doble periodicidad de la función de onda.
- Energía de una onda armónica. Cálculo de la misma sumando la energía cinética y la potencial que posee cada partícula del medio, destacando que dicha energía depende del cuadrado de la amplitud y del cuadrado de la frecuencia de la onda.
- 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.
- Estudio de los mecanismos por los que la intensidad de una onda disminuye con la distancia: *Atenuación y absorción de las ondas*. Cálculo de 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, entendiendo de esta forma los motivos por los que esta intensidad disminuye con la distancia en las ondas esféricas.

4. Ondas sonoras

- Definir lo que es el sonido y las frecuencias. Mecanismo de formación de las ondas sonoras, como ejemplo más importante de ondas longitudinales.
- 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.
- 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.

- Análisis de 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.

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.
- Conocer la contaminación acústica en el entorno próximo y sus soluciones posibles.

UNIDAD 6. 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.
- Conocer la pulsación y sus características.
- 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.
- Entender el efecto Doppler y saber deducir las expresiones correspondientes a cada caso.

Contenidos

Conceptos

- Rayos y frentes de onda. Principio de Huygens.
- Difracción.
- Leyes de la reflexión y de la refracción.
- Polarización. Tipos de polarización.
- Principio de superposición.
- Interferencia de dos ondas armónicas coherentes. Interferencia constructiva y destructiva.
- Pulsaciones. Características de las pulsaciones.
- Ondas estacionarias. Vientres y nodos de la onda estacionaria.
- Efecto Doppler.

Procedimientos

- 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.
- Aplicación de las ecuaciones del efecto Doppler para conocer la variación de la frecuencia.

Valores

- Valoración de la utilidad de las relaciones trigonométricas de suma y diferencia de ángulos.
- Reconocimiento de la utilidad de las leyes de la física para interpretar los fenómenos de nuestro entorno.
- Valoración de la importancia del conocimiento de los fenómenos de propagación de las ondas sonoras en la acústica de locales.

Actividades de aprendizaje

- 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

- 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.
- 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.
- La reflexión y la refracción, y deducción de leyes. Relación entre el frente de

onda y el rayo. Descripción gráfica. Relación entre la longitud de onda, la velocidad y la frecuencia de la onda, cálculo del índice de refracción relativo del medio en el que se propaga ésta respecto de otro de referencia.

- Descripción de la polarización. Representaciones gráficas de dicho fenómeno.

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.

- Principio de superposición: 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. Se analizan las condiciones necesarias para que la amplitud de la resultante sea máxima o mínima, esto es, para que haya interferencia constructiva o destructiva.
- Estudio de las pulsaciones, fenómeno que tiene lugar cuando en un punto del espacio se superponen dos ondas de frecuencias ligeramente distintas. Diferencia entre la interferencia de dos ondas idénticas y las pulsaciones, que pueden resultar muy semejantes si únicamente se indica que la amplitud de la onda resultante varía periódicamente.
- 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.
- Cálculos de las posiciones de vientres y nodos y de las distancias entre ellos.
- Aplicación práctica de las ondas estacionarias a los instrumentos musicales de cuerda y viento.

3. Fenómenos debidos al movimiento de la fuente y del receptor

Este último apartado corresponde al estudio del efecto Doppler, que consiste en la aparente variación de la frecuencia de una onda apreciada por un observador o receptor cuando éste, la fuente emisora de la onda, o ambos se mueven.

- Fuente sonora en movimiento y receptor fijo. Se deduce la expresión matemática de la frecuencia percibida por los receptores cuando la fuente se mueve con velocidad constante.
- Receptor en movimiento y fuente sonora fija. Se deduce la expresión matemática de la frecuencia percibida por los receptores.
- Fuente sonora y receptor en movimiento. Se deduce la expresión matemática de la frecuencia percibida por los receptores.

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.

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.
- Calcular las variaciones de frecuencia causadas por el efecto Doppler.
- Realizar los cálculos de los ejercicios con claridad y orden.

UNIDAD 7. 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

Conceptos

- Fuerzas eléctricas.
- Carga eléctrica. Propiedades.
- Ley de Coulomb.
- Campo eléctrico. Intensidad de campo eléctrico. Potencial eléctrico.
- Energía potencial electrostática.
- Concepto de flujo del campo eléctrico. Teorema de Gauss.
- Conductores y dieléctricos. Condensadores.
- Aplicaciones de la electrostática.

Procedimientos

- 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.
- Utilización del teorema de Gauss para determinar el campo eléctrico de diversas distribuciones de carga de geometría sencilla.
- Cálculo de la capacidad, de la carga y de la energía de un condensador.
- Cálculo de la capacidad total de asociaciones de condensadores en serie y en paralelo.

Valores

- Valoración de la utilidad del método científico en el descubrimiento de la ley de Coulomb y en la interpretación de los fenómenos eléctricos.
- Apreciación del interés del estudio del campo eléctrico debido a su aplicación técnica en muy diversas facetas de la vida diaria.
- Reconocimiento de que las leyes de la física permiten interpretar fenómenos del entorno.
- Valoración crítica de las aplicaciones tecnológicas de la ciencia en el bienestar de la sociedad.

Actividades de aprendizaje

- 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

- Análisis de fuerzas eléctricas presentes en la vida diaria: en una lámpara, en el frigorífico, en los diversos medios de transporte, etc.
- Carga eléctrica. Se describen las partículas constituyentes del átomo, electrón, protón y neutrón, y lo que significa el proceso de electrización.
- Propiedades de la carga eléctrica: su conservación y su cuantización.
- Ley de Coulomb. Esta ley mide la fuerza que actúa entre cargas. Principio de

superposición.

2. Estudio del campo eléctrico

- Significado físico, definición y descripción del campo eléctrico. Magnitudes fundamentales en la descripción del campo eléctrico: intensidad de campo eléctrico y potencial eléctrico.
- 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. Principio de superposición aplicado a la intensidad de campo eléctrico. Cálculo del campo eléctrico debido a una sola carga y la fuerza que actúa sobre una segunda carga y cálculo del campo eléctrico debido a dos cargas.
- Campo eléctrico conservativo que 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.
- Expresiones de la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos y del potencial eléctrico en un punto.
- Relación entre el trabajo realizado para transportar una carga entre dos puntos y la diferencia de potencial entre ellos. Relación entre la energía potencial, el potencial y la carga. Definición del electrón-voltio.
- Cálculo del potencial eléctrico, energías potenciales, que crean una o varias cargas en un punto. Trabajo necesario para trasladar una carga de un punto a otro.
- Representación del campo eléctrico mediante líneas de campo y superficies equipotenciales. Se definen y analizan las características de unas y otras.
- Teorema de Gauss. Cálculo del flujo eléctrico que atraviesa una superficie cerrada.
- Aplicaciones del teorema de Gauss, 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.

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).

- 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.
- Concepto de capacidad y la unidad del SI en que se mide, el faradio. Capacidad de un conductor esférico.
- 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.

- Los condensadores. Se determina la expresión de su capacidad y de la energía potencial que almacena. Asociación de condensadores: se calculan las capacidades de un conjunto de ellos conectados en serie y en paralelo.

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.

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.

UNIDAD 8. 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

Conceptos

- Fuentes del magnetismo: propiedades generales de los imanes.
- Explicación del magnetismo natural.
- Descripción del campo magnético. Vector campo magnético o inducción magnética.
- Ley de Biot y Savart. Teorema de Ampère.
- Fuentes del campo magnético: un elemento de corriente, una espira, un conductor rectilíneo indefinido o un solenoide por los que circula corriente eléctrica.
- 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.
- Aplicaciones de la fuerza de Lorentz: espectrómetro de masas y ciclotrón.
- Fuerza entre corrientes paralelas.

- Comportamiento de los distintos tipos de materiales dentro de campos magnéticos: sustancias paramagnéticas, diamagnéticas y ferromagnéticas.
- Campo magnético terrestre.

Procedimientos

- 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.

Valores

- Reconocimiento de la amplísima aplicación del magnetismo en la tecnología actual: almacenamiento de la información, aceleradores de partículas, isótopos radiactivos con aplicaciones médicas, etc.
- Valoración de la importancia en el desarrollo del electromagnetismo del experimento de Oersted y de la posibilidad de crear campos magnéticos mediante corrientes eléctricas.
- Reconocimiento de la importancia del conocimiento del campo magnético terrestre en diversas aplicaciones, como la orientación mediante una brújula.

Actividades de aprendizaje

- 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...

1. Magnetismo

- El magnetismo: su gran utilidad actual, las fuentes del magnetismo y las propiedades generales de los imanes.
- Experimento de Oersted, por el cual se conoce hoy día la explicación del

magnetismo natural. Descripción gráfica mediante la disposición de los dipolos magnéticos en un material no imantado y en otro imantado.

2. Estudio del campo magnético

- Campo magnético. Descripción de éste mediante el vector campo magnético o inducción magnética: se explica y se relaciona con la fuerza que el campo magnético ejerce sobre una carga con cierta velocidad. Se presenta la unidad en que se mide el campo magnético, el tesla, y se relaciona con otras unidades del SI.
- Representación del campo magnético mediante las líneas de inducción, de las cuales se relacionan sus propiedades.
- Se analizan las fuentes del campo magnético. Campo magnético creado por un elemento de corriente: Ley de Biot y Savart, describiéndose gráficamente su dirección y sentido. Cálculo del campo que crea una sola carga con cierta velocidad y el del campo que crea un conductor de longitud no elemental mediante una integral.
- Se calcula la integral para el caso de un conductor circular o espira, por la que circula corriente eléctrica, y el de un hilo conductor rectilíneo e indefinido por el que circula una intensidad de corriente. Deducción de la dirección y el sentido del campo magnético en un punto, mediante la regla de la mano derecha o mediante la del sacacorchos, ya que se trata siempre de productos vectoriales.
- Teorema de Ampère. Calcular el valor de la inducción magnética en casos diferentes de los anteriores, pero siempre con corrientes eléctricas de geometría sencilla; este teorema complementa la ley de Biot y Savart.
- Utilidad de dicho teorema con el cálculo del campo magnético creado dentro de una bobina o solenoide.

Después del estudio de las fuentes del campo magnético, se considera la acción del campo magnético sobre cargas eléctricas en movimiento: fuerza sobre una carga en movimiento, sobre un elemento de corriente y entre corrientes paralelas.

- Fuerza sobre una carga en movimiento: ley de Lorentz. La trayectoria que seguirá una carga con velocidad inicial perpendicular al campo dentro de éste es una circunferencia, cuyo radio depende de su carga, de su masa, de su velocidad y del valor de la inducción magnética.
- La proporcionalidad directa entre el radio y la masa de la carga se utiliza precisamente para medir masas de partículas en el espectrómetro 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 partículas.
- Se trabaja la fuerza magnética sobre un elemento de corriente y sobre un conductor rectilíneo de longitud L . Se describe el efecto de giro que produce la fuerza magnética sobre una espira y una aplicación, el galvanómetro.
- Se analiza y calcula la fuerza entre corrientes rectilíneas y paralelas. Definición de amperio.

3. Comportamiento de la materia en campos magnéticos

- Se estudian los diferentes tipos de materiales según su comportamiento dentro de un campo magnético. Se describen los tres tipos de sustancias: las paramagnéticas, las diamagnéticas y las ferromagnéticas.
- 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.

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 9. 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

Conceptos

- Experiencias de Faraday.
- Flujo magnético.
- Leyes de Lenz y Faraday.
- Experiencias de Henry.
- Generadores y receptores eléctricos: alternador, dinamo, motor eléctrico, galvanómetro.
- Autoinducción. Coeficiente de autoinducción o inductancia.
- Inducción mutua. Transformadores.
- Producción y transporte de la corriente eléctrica. Impacto medioambiental
- Teoría electromagnética de Maxwell. Ecuaciones de Maxwell.
- Aplicaciones de la inducción electromagnética.

Procedimientos

- 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 del coeficiente de autoinducción de bobinas y de la fem inducida en ellas por una intensidad variable.
- Cálculo de intensidades y voltajes de salida de transformadores.
- Utilización de aparatos eléctricos para efectuar medidas.

Valores

- Reconocimiento de la contribución de la física al desarrollo tecnológico.
- Valoración de la importancia y la necesidad de la energía eléctrica en la actualidad.
- Valoración de las ventajas y los inconvenientes de las diferentes formas de obtener energía eléctrica.
- Reconocimiento de la importancia del conocimiento de la inducción electromagnética en el diseño y la construcción de muchos aparatos eléctricos.

Actividades de aprendizaje

- 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.

1. Inducción de la corriente eléctrica

- 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. Descripción y explicación del fenómeno de la inducción electromagnética 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. Concepto de inducción electromagnética.
- Se define el concepto de flujo magnético. Expresión general. Se recuerda que para los campos gravitatorio y eléctrico también se ha visto este concepto. Unidad en la que se mide el flujo magnético en el SI, el weber, y su relación con el tesla. Cálculo del flujo magnético que atraviesa una bobina.
- Enunciado de la ley de Lenz; se trata de una ley experimental que indica el sentido que tiene la corriente inducida en cada caso.
- 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. Signo negativo de la derivada, y relación con lo que establece la ley de Lenz.

- Experiencia de Henry que describe una versión diferente de la inducción electromagnética, pero que llega a los mismos resultados que la ley de Faraday. Cálculo de 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

- Generadores eléctricos. Dentro de éstos se distingue entre el alternador y la dinamo. Funcionamiento, aplicación y transformaciones energéticas de cada uno de ellos. Cálculo de la fem inducida en el alternador. El electroimán.
- Ejemplos de aplicación práctica de los fenómenos electromagnéticos: el motor eléctrico, el galvanómetro y el timbre eléctrico.
- 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. Cálculo de este coeficiente para una bobina y la fem inducida al variar la corriente que circula por ella.
- Inducción mutua. Coeficiente de inducción mutua. Los transformadores: expresiones deducidas para la tensión y la intensidad máximas del secundario de un transformador.
- Producción de la corriente eléctrica. 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

- Relación 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.
- Ecuaciones de Maxwell: resumen de 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.

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 10. La luz

Objetivos didácticos

- Conocer las teorías más destacadas que históricamente se han ido formulando sobre la naturaleza de la luz.
- 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 y aplicar las ecuaciones fundamentales que describen la formación de imágenes en lentes y espejos.
- Conocer y aplicar la ecuación fundamental de las lentes y la del fabricante de lentes.
- Saber qué es la dispersión y su aplicación en espectroscopia.
- 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

Conceptos

- Teorías sobre la naturaleza de la luz.
- Definición y características de las ondas electromagnéticas. Espectro electromagnético. Propagación rectilínea de la luz. Rayos luminosos.
- Velocidad de propagación de la luz. Métodos para medirla.
- Reflexión y refracción de la luz y sus leyes. Índice de refracción.

- Angulo límite y reflexión total.
- Conceptos básicos de óptica geométrica. Sistema óptico. Punto objeto. Imagen real. Imagen virtual.
- Espejos esférico y plano. Características, formación de imágenes y ecuaciones.
- Lentes delgadas: clasificación, formación de imágenes y ecuaciones.
- Instrumentos ópticos: el ojo humano, la cámara fotográfica, la lupa, el microscopio y el telescopio.
- Dispersión de la luz en un prisma. Espectro de la luz blanca. Espectroscopia.
- Absorción de la luz. Visión del color de los cuerpos
- Interferencias constructiva y destructiva. Experimento de Young.
- Difracción producida por una rendija.
- Polarización. Polarización por reflexión y por absorción selectiva.
- Defectos de la visión: miopía e hipermetropía.

Procedimientos

- 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.

Valores

- Valoración de la importancia del significado del espectro electromagnético, que

engloba ondas muy diversas en una naturaleza común.

- Valoración del proceso histórico que llevó a la determinación de la naturaleza de la luz como ejemplo del método científico.
- Apreciación de la necesidad de otorgar una doble naturaleza a la luz debido a que en unos aspectos se comporta como onda y, en otros, como partícula.
- Reconocimiento de la utilidad de las leyes de la física para interpretar los fenómenos de nuestro entorno.
- Valoración de la importancia de los instrumentos ópticos en la vida diaria, en la investigación y en el desarrollo de la tecnología.
- Reconocimiento de la importancia de cuidar y vigilar la vista, y de corregir adecuadamente sus defectos.

Actividades de aprendizaje

- 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.

- 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.
- Ondas electromagnéticas, se definen y analizan sus características. Cálculo de alguna de estas características y el valor máximo de la intensidad del campo magnético, o amplitud.
- Se define y visualiza el espectro electromagnético. Resaltar la presencia y la situación del llamado espectro visible por corresponder a las ondas visibles por el ojo humano.
- Estudio de 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.
- Utilidad de la aproximación de rayos en la formación de las sombras producidas por focos puntuales y no puntuales.

- 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.

- 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.
- 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.
- 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*.

- Descripción del marco de la óptica geométrica: definición, supuestos de los que parte y conceptos básicos.
- Los primeros sistemas ópticos que se tratan son el espejo esférico y el espejo plano. Se estudia la formación gráfica de imágenes y se deducen sus ecuaciones fundamentales. Cálculo de distancias focales, posición y el tamaño de una imagen.
- Las lentes. Clasificación según su forma y según su grosor: convergentes y divergentes. Se trabaja sólo con lentes delgadas, para las cuales se estudia gráficamente la formación de imágenes. Construcción gráfica de las imágenes en lentes delgadas mediante la marcha de los rayos.
- Ecuaciones para el estudio de la formación de imágenes en lentes: la ecuación fundamental de las lentes delgadas y la ecuación del fabricante de lentes en dos versiones: en una se da la distancia focal imagen en función del índice de refracción y de los radios de curvatura de la lente (que es lo que le interesa al fabricante de la lente) y en la otra se da la distancia focal imagen en función de las distancias objeto e imagen.
- Se define potencia de una lente y la unidad en que se mide, la dioptría. 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. 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.
- 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. Cálculo de las posiciones de las franjas oscuras y la anchura de la franja brillante central.
- 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.

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 11. Física relativista

Objetivos didácticos

- Distinguir los sistemas de referencia inerciales y los no inerciales.
- Conocer las transformaciones de Galileo y la fórmula clásica de adición de velocidades y aplicarlas en los casos de movimientos relativos a velocidades mucho menores que la de la luz.
- Comprender las limitaciones de la mecánica clásica en su aplicación a sistemas que se mueven a altas velocidades.
- Reconocer la contribución del experimento de Michelson-Morley al avance de la física.
- Conocer los postulados de Einstein de la teoría especial de la relatividad.
- Utilizar las transformaciones de Lorentz para casos de movimientos relativos a velocidades comparables a la de la luz.
- Entender las consecuencias de las transformaciones de Lorentz: la simultaneidad en la relatividad, la dilatación relativista del tiempo y la contracción relativista del espacio, y saberlas aplicar en los casos de velocidades comparables a la de la luz.
- Utilizar correctamente la fórmula relativista de adición de velocidades.
- Conocer el significado de masa relativista, energía cinética relativista y energía relativista total.
- Saber efectuar cálculos de transformaciones de masa en energía y viceversa.

Contenidos

Conceptos

- Sistemas de referencia inerciales y no inerciales.
- Principio de relatividad de Galileo.
- Limitaciones de la mecánica clásica.
- Experimento de Michelson-Morley.
- Teoría especial de la relatividad: postulados de Einstein.
- Transformaciones de Lorentz
- Consecuencias de las transformaciones de Lorentz: simultaneidad en la relatividad, dilatación relativista del tiempo y contracción relativista del espacio.
- Masa relativista.
- Energía cinética relativista y energía relativista total.

Procedimientos

- Utilización de sistemas inerciales y no inerciales.
- Aplicación de las transformaciones de Galileo y la fórmula clásica de adición de velocidades.
- Aplicación de las transformaciones de Lorentz y de la fórmula relativista de adición de velocidades.
- Resolución de problemas de simultaneidad, dilatación del tiempo y contracción de longitudes.
- Determinación de masas y energías relativistas.

Valores

- Apreciación de la utilidad de las transformaciones de Galileo y de las leyes de Newton en los procesos cotidianos, que tienen lugar a velocidades pequeñas comparadas con la de la luz.
- Reconocimiento de la utilidad de la teoría especial de la relatividad de Einstein y de las transformaciones de Lorentz en los procesos que tienen lugar a velocidades comparables a la de la luz.
- Valoración de la importancia de la labor de Einstein, quien mostró las limitaciones de la mecánica clásica y la amplió.
- Valoración del desarrollo experimentado por la física como consecuencia de las teorías de Einstein.

Actividades de aprendizaje

- Se recuerdan conceptos como sistema de referencia, leyes de Newton y ondas electromagnéticas.
- Se proponen actividades que permiten poner en práctica los conocimientos adquiridos anteriormente y que se usan en esta unidad: relatividad del movimiento, cálculo de vectores velocidad y aceleración a partir del vector de posición, representación de las fuerzas que actúan sobre un sistema y cálculo de la aceleración, determinación de la cantidad de movimiento y de la energía cinética de un objeto.

1. Sistemas de referencia

- El movimiento de un cuerpo depende del sistema de referencia escogido y se distinguen los sistemas inerciales de los no inerciales.
- Diferencia entre ambos tipos de sistemas de referencia. En los no inerciales aparecen las fuerzas ficticias, llamadas así porque únicamente se aprecian desde dentro de ellos, debido a que están acelerados y no cumplen las leyes de Newton. De cualquier forma, el alumno/a ha de saber que puede analizarse cualquier problema desde los dos sistemas.

2. La relatividad en la mecánica clásica

- Principio de relatividad de Galileo.
- Se describen de manera gráfica y se expresan matemáticamente las transformaciones de Galileo. Éstas son las ecuaciones de la mecánica clásica que relacionan la posición, la velocidad y la aceleración de dos sistemas de referencia que se mueven, uno respecto de otro, con velocidad constante. La conclusión a la que se llega es que la aceleración en ambos sistemas resulta la misma y las fuerzas que existen también, por lo que las leyes de Newton se cumplen de igual manera en uno que en otro.

3. Limitaciones de la mecánica clásica

Se explican las dificultades encontradas al intentar explicar la naturaleza de la luz mediante la mecánica clásica, que abarca las transformaciones de Galileo y las leyes de Newton.

- En el momento en que las ecuaciones de Maxwell confirmaron el carácter ondulatorio de la luz, se trataron de establecer paralelismos entre estas ondas electromagnéticas y las ondas mecánicas. Para ello se buscó un medio por el que se propagara la luz y se le llamó éter. Debe hacerse hincapié en las características tan dispares que debía de tener el éter para comprender lo forzada que era la suposición de su existencia.
- Seguidamente se describe el experimento de Michelson-Morley, explicando el motivo por el que se llevó a cabo. Conviene mencionar que se trató de un experimento para medir la velocidad de la Tierra. Se suponía que la velocidad de la luz se vería influida por la de la Tierra y que no sería la misma si se propagaba con el viento del éter a favor o en contra. Se esperaba obtener un patrón de interferencia en la intersección de dos haces de luz que recorrieran la misma distancia en direcciones perpendiculares. Sin embargo, como esto no ocurría, se concluyó que la velocidad de la luz es una constante.

4. Mecánica relativista: relatividad especial

Se explica cómo Einstein abandona la idea de la existencia del éter y elabora una nueva teoría para explicar la invariabilidad de la velocidad de la luz.

- Einstein elaboró una nueva concepción de la física en su teoría especial de la relatividad, que está basada en los Postulados de Einstein: todas las leyes de la física se cumplen de la misma manera en los sistemas inerciales y la velocidad de la luz también es igual en todos ellos. A partir de ese momento, las transformaciones de Galileo dejan de ser válidas y se han de establecer otras.
- Las llamadas transformaciones de Lorentz establecen que el tiempo no es absoluto, que no se puede superar la velocidad de la luz y que, para velocidades pequeñas, estas transformaciones coinciden con las de Galileo.

Se estudian con detalle las consecuencias de las transformaciones de Lorentz mediante imágenes y cálculos matemáticos: se aprecia que entre dos sistemas de referencia que se mueven uno respecto del otro a velocidades comparables a la de la luz aparecen discrepancias en la simultaneidad de dos sucesos y en los valores de los intervalos de

tiempo y de las longitudes.

- Se analiza el hecho de la discrepancia en la simultaneidad de dos sucesos. Se estudia esta discrepancia entre dos observadores.
- Se analiza el hecho de la dilatación relativista del tiempo. Comprensión de esta discrepancia entre dos observadores.
- Se analiza la contracción relativista del espacio.
- Obtener la fórmula relativista de adición de velocidades, se derivan las ecuaciones de transformación de Lorentz respecto del tiempo, pero teniendo en cuenta que el tiempo es diferente en ambos sistemas.

Como se ha visto que la velocidad de la luz no puede superarse, se han de introducir cambios en los conceptos dinámicos como la masa y la energía y, a continuación, se estudian la masa y la energía relativistas.

- Se explica la masa relativista; la masa propia de un cuerpo aumenta con la velocidad.
- Se explica la energía cinética relativista. El aumento de masa que conlleva la velocidad también trae consigo un aumento de energía del objeto correspondiente. Se calcula el aumento de masa de un cuerpo y la energía necesaria para producirle dicho aumento.
- Un cuerpo, además de la energía cinética que posee por el hecho de estar en movimiento, tiene la energía asociada a su masa en reposo o energía propia; la suma de ambas es la energía relativista total, que expresa la equivalencia entre masa y energía.

En **Física y sociedad** se efectúa un repaso histórico de las teorías de la gravitación de Galileo y Newton, del electromagnetismo de Maxwell, de la teoría del éter, de la teoría especial de la relatividad de Einstein, para llegar a la teoría general de la relatividad, en la que las dimensiones del universo, al incluir el tiempo, pasan de tres a cuatro.

Evaluación

- Elaborar un resumen, siguiendo el esquema del principio de la unidad, con las definiciones y las expresiones correspondientes de todas las magnitudes que se han estudiado, por orden de aparición.
- Aplicar las transformaciones de Galileo a movimientos relativos a velocidades mucho menores que la de la luz.
- Resolver cuestiones relativas a las limitaciones de la mecánica clásica y al experimento de Michelson-Morley.
- Resolver cuestiones y ejercicios sobre:
 - Simultaneidad en la relatividad.
 - Dilatación de tiempos y contracción de longitudes.

- Adición relativista de velocidades.
- Masas y energías relativistas.
- Formar grupos y llevar a cabo las siguientes actividades:
 - Comentar las diferencias fundamentales que hay entre el principio de relatividad de Galileo y el de Einstein.
- Buscar información sobre la paradoja de los gemelos y comentarla.

UNIDAD 12. Física cuántica

Objetivos didácticos

- Interpretar la radiación térmica del cuerpo negro de acuerdo con la hipótesis de Planck.
- Entender en qué consiste el efecto fotoeléctrico y la explicación dada por Einstein.
- Conocer el efecto Compton y deducir algunas características de los fotones.
- Describir los diferentes tipos de espectros atómicos y conocer la fórmula de Rydberg para el del hidrógeno.
- Conocer el modelo del átomo de Bohr y sus limitaciones.
- 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.
- Describir el funcionamiento de la célula fotoeléctrica, del microscopio electrónico y del láser.
- 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

Conceptos

- Radiación térmica del cuerpo negro. Potencia emitida (ley de Stefan-Boltzmann).
- Ley del desplazamiento de Wien.
- Hipótesis cuántica de Planck.
- Descripción e interpretación del efecto fotoeléctrico. Teoría cuántica de Einstein.
- Efecto Compton.
- Espectro atómico del hidrógeno. Fórmula de Rydberg.
- Modelo atómico de Bohr. Interpretación del espectro del hidrógeno.
- Dualidad onda-partícula. Hipótesis de De Broglie y experimento de la doble rendija.
- Principio de indeterminación de Heisenberg.

- Formulaciones de la mecánica cuántica: mecánica cuántica matricial y mecánica cuántica ondulatoria.
- Carácter probabilístico de los resultados de la mecánica cuántica. Orbitales. Efecto túnel.
- Momento angular intrínseco o espín. Bosones y fermiones.
- Descripción de la célula fotoeléctrica, el microscopio electrónico y el láser.

Procedimientos

- Determinación de valores de frecuencia y energía asociados a un cuanto de energía.
- Utilización de las relaciones propias del efecto fotoeléctrico.
- Cálculo de las longitudes de onda propias de las líneas del espectro del hidrógeno.
- 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.
- Determinación de los orbitales atómicos en relación con los números cuánticos.

Valores

- Reconocimiento de la importancia de los descubrimientos de nuevos fenómenos físicos en el desarrollo de la ciencia.
- Valoración de la importancia de la investigación científica en el desarrollo de la tecnología y en el bienestar de la sociedad.
- Valoración de aplicaciones tecnológicas de los materiales semiconductores, base de muchos dispositivos electrónicos, y de los superconductores.

Actividades de aprendizaje

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

1. Limitaciones de la física clásica

Estudio de los 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.

- Radiación térmica del cuerpo negro. Se explica lo que se entiende por radiación térmica y por cuerpo negro. 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.

- Hipótesis de Planck, en la que introduce la idea del átomo oscilante (que se comporta como un oscilador armónico) y el concepto de cuanto de energía. Se trabaja con un átomo oscilante, del cual se calcula el valor de un cuanto de su energía y la amplitud máxima que adquiere en su oscilación.
- Efecto fotoeléctrico. 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. 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.
- Efecto Compton: descripción y representación gráfica de éste. Relaciones matemáticas entre la cantidad de movimiento del fotón, su energía, su frecuencia y su longitud de onda.
- 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.
- Modelo de Bohr: aplicación de la teoría cuántica a los átomos y a sus niveles energéticos para lograr explicar las líneas espectrales y la fórmula de Rydberg cuantizando la energía que pueden tener los electrones en sus órbitas.

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.

- 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.
- 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.
- Cálculo de la frecuencia y la longitud de onda de De Broglie de las ondas asociadas a unos electrones y a una bola de billar.
- Principio de indeterminación de Heisenberg. Se calcula la indeterminación en el momento lineal y en la posición de una bola de billar.
- Interpretación del comportamiento de las partículas microscópicas. Se desarrollan 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. Tratamiento probabilístico.
- 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. 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.
- Aplicaciones de la mecánica cuántica: la célula fotoeléctrica, el microscopio electrónico y el láser.

En **Física y sociedad** se describen las características de los semiconductores y de los superconductores.

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 el modelo del átomo de Bohr y sus limitaciones.
- Explicar la hipótesis de De Broglie y la dualidad onda-partícula.
- Describir el principio de indeterminación de Heisenberg y sus consecuencias.
- Clasificar los diferentes números cuánticos explicando su significado.
- Resolver ejercicios de cálculo de frecuencias y energías de fotones.
- Resolver ejercicios del efecto fotoeléctrico.
- Realizar ejercicios de transiciones entre niveles energéticos del átomo de hidrógeno.
- Realizar ejercicios de cálculo de la longitud de onda de De Broglie.
- Hacer ejercicios del principio de incertidumbre.

UNIDAD 13. 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

Conceptos

- Radiactividad. Radiaciones alfa, beta y gamma.
- Desintegración radiactiva.
- Efectos biológicos y aplicaciones de la radiactividad.
- Núcleo atómico.
- Fuerzas nucleares.
- Energía de enlace y defecto de masa.
- Reacciones nucleares.
- Fisión y fusión nucleares.
- Partículas elementales y fuerzas fundamentales.

Procedimientos

- 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.

Valores

- Reconocimiento de la importancia de los descubrimientos de nuevos fenómenos físicos en el avance del conocimiento de la materia.
- Valoración de las ventajas que presenta la energía nuclear y de los peligros asociados a las centrales nucleares.
- Valoración de la necesidad de la existencia de medidas de seguridad especiales en todas las centrales nucleares.
- Valoración de la utilidad de los conocimientos de la radiactividad en muchos campos de la ciencia, como la datación de fósiles o la medicina nuclear.

Actividades de aprendizaje

- 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.

1. Radiactividad

- Descubrimiento de la radiactividad en el uranio. Elementos radiactivos. Descripción de las radiaciones alfa, beta y gamma, proviniendo todas ellas del núcleo atómico.
- 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. Cálculo de la constante radiactiva y el período de semidesintegración de una muestra radiactiva.
- Estudio de 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

- Descubrimiento del núcleo por Rutherford: 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.
- Conceptos de energía de enlace y de defecto de masa en la formación del núcleo y cálculo de la energía de enlace por nucleón de un núcleo determinado y 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

- Descripción de la primera reacción nuclear provocada artificialmente, definición y expresión de una reacción nuclear.
- 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. 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. Serie o familia radiactiva.
- 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.
- Fusión nuclear. Se trata de unas reacciones fuertemente exotérmicas en las que núcleos ligeros se unen para formar otros más pesados.

4. Partículas subatómicas y fuerzas fundamentales

- Partículas subatómicas: leptones y hadrones.
- Fuerzas fundamentales: la gravitatoria, la electromagnética, la nuclear fuerte y la nuclear débil. Intento de unificación de las fuerzas fundamentales en un único campo.
- 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.

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.