

Universidad de Oviedo

Vicerrectorado de Estudiantes y Empleo

Pruebas de Acceso a la Universidad

Documentación relativa a la asignatura

Física

Curso 2009-10

Índice general

I	Comentarios al Currículo	3
1.	Contenidos comunes	4
2.	Interacción gravitatoria	5
3.	Vibraciones y Ondas	8
4.	Interacción electromagnética	13
5.	Óptica	19
6.	Física Moderna	22
7.	Actividades prácticas	25
II	Criterios generales de calificación y estructura de la prueba	32
III	Materiales necesarios para resolver la prueba	33
IV	Modelo de examen	34
V	Criterios específicos de calificación del modelo	36



I Comentarios al Currículo

(No hay cambios sustanciales respecto al currículo anterior. Además, las prácticas de laboratorio que se van a exigir son las mismas que en cursos anteriores.)



Bloque 1

Contenidos comunes

Algunas de las cuestiones que se podrían plantear en este bloque están dispersas a lo largo de los otros bloques.

Sin embargo hemos de destacar la importancia de:

- La emisión de hipótesis en casos de análisis simples (relacionados con experimentos).
- La extracción de conclusiones simples a partir de leyes físicas (por ejemplo, ¿cuánto pesaría usted si de repente la Tierra tuviese una masa doble que la actual, aunque distribuida de la misma forma, con el mismo tamaño?).
- El correcto uso de las dimensiones físicas en las expresiones que se manejen.
- La correcta utilización del Sistema Internacional (SI) de unidades, conociendo también los múltiplos (hasta tera) y submúltiplos (hasta femto).
- La pulcritud y claridad al exponer gráficamente diagramas o esquemas que representen fenómenos físicos que se quieren describir.

Bloque 2

Interacción gravitatoria

2.1. La revolución copernicana

Comentar los modelos geocéntrico y heliocéntrico de nuestro Sistema Solar (el Universo conocido en el Renacimiento) y su impacto en la visión científica del mundo. Comentar su desarrollo histórico y que dió paso a la mecánica newtoniana.

2.2. Leyes de Kepler

Son leyes de descripción cinemática, basadas en observaciones astronómicas y sin conocer las causas.

Justificar la ley de las áreas mediante la conservación del momento angular (o cinético) en caso de fuerzas centrales. Relacionar las velocidades y las distancias en el afelio y perihelio.

2.3. Ley de gravitación de Newton

Es una fuerza central (justifica la ley de las áreas).

Es proporcional al producto de las masas (mayor interacción al haber más masa). Una cuestión fundamental: es siempre de atracción.

Tiene una dependencia en $1/r^2$, siendo r la distancia entre los centros de masas, lo que justifica trayectorias cónicas (elipse, circunferencia, etc.) y también que, teniendo en cuenta la ley $F = ma$, y suponiendo órbitas circulares, con ella se demuestra fácilmente la ley de los períodos de Kepler.

Con su teoría, Newton consiguió explicar unificadamente los movimientos observados en las proximidades de la superficie terrestre y los movimientos planetarios.



Comentar que G (constante de la gravitación universal) se midió independientemente por Cavendish unos cien años más tarde del enunciado de la ley de gravitación de Newton con lo que se pudo determinar la masa de la Tierra.

La fuerza que se ejerce entre dos masas no cambia por la presencia de una tercera masa (en la ley de gravitación de Newton); este es el principio de superposición.

Aplicaciones

A partir de $F = ma$, de la ley de la gravitación y suponiendo órbitas circulares (hacer notar que en ese caso, la conservación del momento angular implica que sean movimientos circulares uniformes), se debe ser capaz de discutir razonadamente lo siguiente:

- Determinar el período de traslación de la Luna alrededor de la Tierra tal como lo dedujo Newton (a partir de g , el radio de la Tierra y la distancia Tierra-Luna).
- Justificar el movimiento de los planetas. Relacionar la velocidad tangencial, la velocidad angular y el período con los radios de las órbitas.
- Determinar la masa de un objeto celeste (sol o planeta) a partir de datos orbitales de alguno de sus satélites. Nótese que si el planeta no tiene satélites (v.g., Mercurio, Venus) la determinación de su masa no es un problema sencillo.
- Determinar la velocidad tangencial que ha de tener un objeto lanzado en las proximidades a la superficie de la Tierra para que dé una vuelta completa sin tocar el suelo.
- Deducir las condiciones que han de cumplir los satélites geoestacionarios.
- Calcular pesos de cuerpos en diferentes planetas.

2.4. Energía potencial gravitatoria

Se recuerdan los conceptos de trabajo, energía cinética y energía potencial, vistos en cursos anteriores. Hay que recordar que en el caso de fuerzas conservativas $W_a^b = Ec_b - Ec_a = Ep_a - Ep_b$, o sea $W = \Delta Ec = -\Delta Ep$, que equivale a decir que por convenio se define la energía potencial de forma que los procesos espontáneos ($W > 0$) se producen con una disminución de energía potencial del sistema. Además, de esa manera puede definirse la energía mecánica total como la suma de Ec y Ep .

La fuerza de gravitación es una fuerza central, y por tanto conservativa. Como es difícil a estas alturas de curso analizar este tema a través de integrales (ya que los alumnos las estudian al final del curso en Matemáticas), basta con indicar la solución: diferencia de dos funciones de la posición de los puntos inicial y final.

La función Ep resultante tiende a cero cuando r tiende a infinito, por lo que es útil tomar este valor como referencia de potenciales y poder definir de esa forma la energía potencial de un objeto colocado en un cierto punto del espacio y a una distancia dada de otro.



Sea cual sea el punto del espacio que se tome como referencia (comparar este caso con la aproximación del campo gravitatorio en las proximidades de la superficie terrestre), debe quedar claro que lo importante es la diferencia de potencial y que al separar las masas aumenta la energía potencial del sistema.

Aplicaciones

- Deducir la velocidad de escape.
- Obtener la energía mecánica de un satélite en función del radio de su órbita.
- A partir de la representación gráfica de $Ep(r)$, comentar las posibles trayectorias planetarias.
- Por otro lado, se debe aplicar el principio de superposición al cálculo de la energía potencial y la fuerza sobre un objeto en presencia de varios cuerpos.

2.5. Campo gravitatorio

Deben entender el concepto de campo gravitatorio como opuesto a acción a distancia e instantánea. Al final del curso se debe tener claro que también se pueden definir campos para la interacción electromagnética y que en ese caso es evidente que se propagan por el espacio a velocidad finita incluso en ausencia de medios materiales.

Se debe entender la definición de la intensidad de campo gravitatorio y la utilización del concepto de campo en la explicación de la interacción entre dos masas. Destacar que la intensidad del campo gravitatorio tiene dimensiones de aceleración (de ahí que a veces se hable directamente de la 'aceleración de la gravedad').

Se debe conocer la representación de las líneas de campo correspondientes a una masa puntual. De forma análoga se debe entender la definición del potencial gravitatorio y las superficies equipotenciales de una masa puntual.

Como aplicación se utilizará el principio de superposición para calcular la intensidad de campo total y del potencial en un punto debido a la presencia de varias masas.

2.6. Modelos del Universo

Exponer las ideas actuales sobre el origen y evolución del Universo: existencia de una energía 'oscura' que se opone a la gravedad e impone una expansión (detectada por Slipher y Hubble).

Asimismo se plantea la existencia de agujeros negros, de gravedad tan intensa que ni la luz puede escapar de ellos (se puede determinar el radio de Schwarzschild del agujero negro igualando la velocidad de escape con c . Nota: este es uno de los casos en los que la teoría clásica da un valor coincidente con la Relatividad General.)



Bloque 3

Vibraciones y Ondas

3.1. Fuerzas elásticas o recuperadoras

Concepto de fuerza recuperadora, para explicar las oscilaciones que se presentan tanto en el mundo macroscópico (muelles, lengüetas, péndulos, etc.) como microscópico (vibraciones de los átomos en una molécula, en un sólido, etc.).

En general, si a cualquier sistema físico que tenga una posición de equilibrio estable en razón de las interacciones con el resto se le saca de dicha posición aparecerá una fuerza recuperadora que producirá oscilaciones.

3.2. Modelización del muelle ideal

Se analiza sólo el caso unidimensional con dependencia lineal $F = -kx$.

La fuerza siempre se opone a la deformación y aumenta conforme esta última aumenta. Eso implica la tendencia a volver a la situación de equilibrio en $x = 0$.

Aplicaciones

- Problemas de estática en los que aparezcan muelles: analizar sus deformaciones (por ejemplo, comentar su utilización para medir fuerzas).
- Problemas de estática en los que coexista el peso y fuerzas elásticas.

3.3. Movimiento armónico simple

Aplicando $F = ma$ (caso unidimensional) al muelle acoplado a una partícula con masa, se deben entender las condiciones que han de cumplir las funciones $x(t)$ que describen el mo-

movimiento de la partícula, que necesariamente serán de tipo seno o coseno: se tiene un movimiento armónico simple.

Se deducen también la velocidad instantánea, la aceleración y la frecuencia de oscilación (frecuencia propia del sistema) en función de k y m . Es importante entender las representaciones gráficas de esas funciones y las relaciones con el movimiento real de la partícula oscilante.

Las fuerzas que dependen sólo de la posición son conservativas (como en el presente caso) y entonces $F = -kx$ es una fuerza conservativa. Aunque en este caso es muy fácil obtener la integral como un área de un triángulo, para evitar los problemas con las integrales antes indicados se expondrá la solución $Ep(x) = \frac{1}{2}kx^2$, la cual se comentará gráficamente.

Toda oscilación de pequeña amplitud puede ser aproximada por un movimiento armónico simple (basta con analizar una curva genérica de Ep en las proximidades de un mínimo). De ahí el interés de este movimiento oscilatorio (el más sencillo).

Aplicaciones

- Problemas en los que coexistan las fuerzas gravitatoria y elástica (ambas conservativas). Aplicación de la conservación de la energía.
- Oscilaciones (cálculo de frecuencias propias) y dinámica de cuerpos sometidos a fuerzas elásticas (por ejemplo: lanzamiento de objetos mediante un resorte con trayectorias verticales y horizontales).
- Analizar el comportamiento de un péndulo simple con pequeñas amplitudes de oscilación.

3.4. Resonancia

Se debe comentar el concepto de resonancia. Cuando ponemos a oscilar de manera forzada un sistema (con una fuente energética periódica externa) el sistema adquiere energía oscilatoria. Existen unas frecuencias propias de cada sistema (que dependen sólo del sistema y no de cómo se ponga a oscilar) para las que la adquisición de energía por el sistema es grande: se denominan frecuencias de resonancia. Se darán algunos ejemplos prácticos.

3.5. Descripción matemática de la propagación de una onda

Mediante ejemplos (sonido, cuerdas vibrantes, ondas superficiales en un líquido, etc.) se muestra que el movimiento ondulatorio corresponde a la propagación de una perturbación.

Se discute la expresión matemática $f(x - vt)$ que describiría la propagación, aplicada al caso de una columna de gas donde se produce una perturbación local de la presión, $p(x)$, o la densidad, $\rho(x)$, que se propaga con velocidad v según el eje de la columna, x .



Se podrían realizar experimentos en clase con muelles o cuerdas que permitiesen visualizar la propagación de una perturbación.

Las ondas se pueden clasificar en lo referente a:

- Relación entre la dirección de la propagación y de la magnitud que se propaga (longitudinales y transversales).
- Si necesitan o no medios materiales para propagarse.

Ejemplo: Ondas mecánicas (sonido, ondas elásticas en un sólido, ondas superficiales en un líquido, etc.) que necesitan un medio material o electromagnéticas (se propagan campos) que no lo necesitan.

3.6. Ondas armónicas

Se discute la expresión matemática de ondas armónicas, analizando su doble periodicidad, espacial y temporal, y las relaciones entre frecuencia, período, longitud de onda y velocidad de propagación. Se debe definir la función de onda a partir de dichas magnitudes. Evidentemente son fundamentales las funciones trigonométricas seno y coseno.

En el caso de ondas materiales se deben relacionar los posibles estados de vibración del medio, fases relativas, velocidades instantáneas, etc. Generalmente se discute el caso de ondas planas, y es interesante hacer ver que esa es una buena aproximación para el caso de puntos muy alejados de fuentes de ondas esféricas. Se expone su representación gráfica mediante frentes de onda.

Los osciladores son en muchas ocasiones fuentes de ondas armónicas (cuando pasa energía del oscilador al medio circundante), con la misma frecuencia de oscilación y longitud de onda apropiada a la velocidad de propagación de las ondas en el medio.

3.7. Propiedades de las ondas

3.7.1. Velocidad de propagación

Es difícil justificar la dependencia precisa de la velocidad de propagación con las características del medio sin recurrir al análisis físico detallado, lo cual está fuera de los objetivos de este curso.

Sin embargo, sí se puede dar la idea, muy intuitiva para el caso de ondas mecánicas, de que una perturbación local se propagará al medio circundante más rápidamente cuanto más fuerte sea la interacción entre las partículas del medio. Ejemplo: Comparación de la velocidad del sonido entre un gas, un líquido y un sólido, o entre dos sólidos con distinto módulo de elasticidad (plomo y acero).

En caso de que las perturbaciones sean armónicas, su frecuencia no cambia por cambiar de medio (constituyen oscilaciones forzadas), pero el cambio en la velocidad de propagación implica un cambio en la longitud de onda asociada. Todo esto se debe discutir con casos concretos.

3.7.2. Principio de Huygens

Se plantea el modelo simplificado (que no incluye la eliminación de las onditas que retornan), que va a ser utilizado en alguno de los apartados siguientes.

3.7.3. Reflexión. Refracción. Ley de Snell

A partir del principio de Huygens se justifican las leyes de la reflexión y refracción, y se obtiene la ley de Snell. Se aplicará ésta a casos particulares de refracción en medios, dándose como datos combinaciones adecuadas de velocidades de propagación, frecuencia y longitud de onda.

3.7.4. Interferencia

La discusión de la interferencia se realizará cualitativamente, estudiando los casos de interferencia constructiva y destructiva de dos ondas armónicas cuando se reflejan completamente en un extremo (para ondas sinusoidales unidimensionales).

También se comentará cualitativamente el caso de tres dimensiones, útil para describir los experimentos de interferencia de Young: en algunos puntos la perturbación se anula y en otros se refuerza.

3.7.5. Difracción

Discusión cualitativa utilizando el principio de Huygens.

3.7.6. Ondas estacionarias

Discusión cuantitativa unidimensional partiendo del estudio de la interferencia por reflexión de ondas armónicas. No hace falta utilizar las funciones de onda sino la aparición de nodos (puntos para los que la perturbación se anula en todo instante) y de vientres (puntos en los que la perturbación es máxima en cada instante) en diferentes puntos del medio.

Se deben obtener los nodos y los vientres, tanto en el caso de extremos libres y fijos, como de un extremo libre y otro fijo, haciendo que la superposición de onda incidente y reflejada tenga en $x = 0$ y en $x = L$ un nodo o/y un vientre. Esto permite entender los diferentes

modos de vibración de cuerdas vibrantes y tubos sonoros, relacionando la longitud de onda con L .

3.7.7. Polarización

Discusión cualitativa aplicada a ondas transversales en una cuerda (linealmente polarizadas y circularmente polarizadas). Ayudarse con una demostración experimental.

Explicar con claridad que las ondas longitudinales no pueden polarizarse.

3.7.8. Efecto Doppler

Se discute cualitativamente.

Comentar la importancia del efecto Doppler en el descubrimiento de la expansión del Universo por Slipher y Hubble.

3.8. Ondas sonoras. Contaminación acústica

La velocidad de propagación del sonido en un fluido depende de su naturaleza y para el caso de un gas es proporcional a la raíz cuadrada de la temperatura e inversamente proporcional a la masa molar.

El sonido se caracteriza por intensidad, tono y timbre. Para un sonido que se propaga en el espacio en un medio ideal la intensidad disminuye con el cuadrado de la distancia. También es interesante conocer el concepto de decibelio (dB), de utilidad también en otros campos de la ciencia y la técnica, y su relación logarítmica con la intensidad.

El tono se equipara con la frecuencia. Según ésta, los sonidos se distinguen desde el punto de vista fisiológico humano en infrasonidos, sonidos audibles y ultrasonidos.

Se deben comentar aspectos simples de la audición como una descripción simplificada del funcionamiento del oído, tratando temas como la contaminación acústica.

Bloque 4

Interacción electromagnética

4.1. Campo eléctrico

4.1.1. Naturaleza de la carga eléctrica

Una propiedad fundamental de la carga eléctrica es su existencia en dos tipos, denominadas positiva y negativa, y que también hay partículas neutras.

Dos cargas del mismo tipo se repelen, mientras que se atraen si son de tipos distintos. Además nuestro universo parece ser una mezcla perfectamente equilibrada de cargas negativas y positivas.

La carga es una magnitud que se conserva en las reacciones, además de estar cuantizada (destacar y describir esto último, teniendo presente la pequeña cantidad de la carga unitaria, que hace que la carga parezca continua en muchas ocasiones).

La materia posee cargas eléctricas, aunque en muchas ocasiones (átomos, moléculas, sólidos cristalinos, etc.), la carga eléctrica total es nula, lo que está de acuerdo con el concepto de cuantización de la carga.

4.1.2. Ley de Coulomb

La ley de Coulomb es una ley empírica y corresponde a la fuerza de interacción entre dos cargas para un observador que las ve en reposo.

Es conveniente mencionar brevemente cómo se pudo determinar experimentalmente la fuerza de Coulomb utilizando una balanza de torsión (en condiciones de equilibrio estático y utilizando fuerzas elásticas), para que de esta manera se tenga claro que en los dispositivos experimentales se entremezclan diferentes tipos de fuerzas.

Se debe saber analizar la expresión de la fuerza de Coulomb y verificar que cumple los requisitos mencionados en el anterior apartado (atracción y repulsión), así como su variación

con el inverso del cuadrado de la distancia de separación, en esto último similar a la fuerza de la gravitación de Newton.

Se deben comparar las magnitudes de ambas interacciones mediante ejemplos sencillos (v.g., calculando las fuerzas de atracción entre el electrón y el protón en el átomo de hidrógeno).

La interacción eléctrica es la que juega un papel fundamental en la estructura de la materia, mientras que la gravitatoria, mucho más débil (pero siempre de atracción), es la que debe aplicarse para la descripción del movimiento de los objetos celestes (eléctricamente neutros).

4.1.3. Principio de superposición. Sistemas de cargas

Es un hecho experimental que la fuerza que se ejerce entre dos cargas no cambia por la presencia de una tercera carga, esto constituye la base del principio de superposición. Se debe saber aplicarlo al cálculo de la fuerza que aparece sobre una carga debido a la presencia de conjuntos de cargas dispuestos en líneas y otras geometrías sencillas.

4.1.4. Campo eléctrico. Líneas de campo

Una vez definida matemáticamente la intensidad del campo eléctrico (\vec{E}) creado por una carga o conjunto de cargas a partir de la ley de Coulomb y del principio de superposición, conviene comentar el sentido físico del campo, como oposición al concepto de acción a distancia.

Se debe conocer el convenio por el que se dibujan las líneas de campo eléctrico, y aplicarlo al caso de dos cargas de igual o diferente magnitud, y del mismo signo o de signos opuestos (dipolo eléctrico).

Deben conocer cómo es la disposición de las líneas de campo \vec{E} en el espacio comprendido entre dos planos indefinidos con carga igual y opuesta (condensador) y en el espacio que rodea a un hilo cargado rectilíneo e indefinido.

4.1.5. Potencial eléctrico. Superficies equipotenciales

Se debe conocer la definición de potencial eléctrico, V , en un punto del espacio en presencia de una carga puntual, y una vez analizada dicha expresión, comprender que el principio de superposición permite generalizarlo para el caso de un conjunto de cargas puntuales.

Debido a la dependencia espacial de la fuerza de Coulomb (similar a la de gravitación de Newton) dicha fuerza es también conservativa, por lo tanto se puede definir la energía potencial Ep (en realidad lo físicamente relevante es la diferencia de energía potencial).

Se utiliza la diferencia de energía potencial a partir del trabajo $W_a^b = Ep_a - Ep_b$, para definir

la diferencia de potencial eléctrico mediante la energía potencial de la carga unidad positiva (o sea la energía potencial dividida por la carga).

Debido al origen arbitrario del potencial muchas veces se utiliza el infinito (no hay cargas en sus proximidades) como punto con potencial nulo.

El potencial eléctrico, V , es un campo escalar, por oposición al campo eléctrico \vec{E} que es vectorial.

Se debe conocer la geometría de las superficies equipotenciales asociadas a cargas individuales y distribuciones de cargas tales como: dos cargas iguales u opuestas, y el condensador.

4.2. Campo Magnético

4.2.1. Imanes. La brújula

Discusión cualitativa.

Separación histórica entre electricidad y magnetismo hasta los experimentos de Oersted.

Comparación de ambos fenómenos con la gravedad. Por ejemplo, la gravedad es siempre atractiva, mientras que las otras dos fuerzas pueden ser atractivas y repulsivas; las fuentes del campo magnético tienen siempre dos polos.

4.2.2. Experimento de Oersted

Descripción del experimento de Oersted. Unión entre electricidad (corrientes eléctricas) y magnetismo (imanes). Se incluye como experimento a realizar en prácticas de laboratorio.

4.2.3. Ley de Ampère

Fuerza entre dos conductores por los que circulan corrientes.

Enunciar la ley empírica que proporciona la fuerza entre segmentos de corrientes rectilíneas paralelas.

Discutir el concepto de corriente eléctrica y la definición de amperio (y culombio).

4.2.4. Campo magnético creado por corrientes eléctricas. Líneas de campo

Ejemplos (hilo indefinido, espira, solenoide). Acción de un campo magnético sobre una carga en movimiento (extenderlo a un elemento de corriente y a un pequeño circuito).

Se introduce el campo magnético, \vec{B} , como un nuevo campo creado por una corriente eléctrica.

En la naturaleza existen imanes permanentes, debido al efecto de superponer los imanes que son los electrones y los núcleos atómicos. Por ello, tanto las corrientes eléctricas como las sustancias magnéticas son fuentes del campo magnético.

Destacar la importante propiedad del campo magnético: las líneas de campo magnético son siempre cerradas.

Se debe conocer la descripción cualitativa de las líneas de campo asociadas a una corriente rectilínea, una pequeña espira, y un conjunto de espiras, comentando el límite de un solenoide recto indefinido (campo nulo en el exterior y constante en el interior).

4.2.5. Instrumentos de medida eléctricos

Se deben conocer, a nivel cualitativo, algunos instrumentos de medida de magnitudes eléctricas, como el amperímetro (galvanómetro en ocasiones) y el voltímetro, identificando claramente para qué se usan.

4.3. Ley de Lorentz

Se plantea la ley de Lorentz que nos da la fuerza que un campo electromagnético ejerce sobre una carga en movimiento.

La aplicación de la misma para explicar el movimiento de cargas en presencia de campos eléctricos y magnéticos se debe restringir a casos simples: sólo campo eléctrico; sólo campo magnético perpendicular a la velocidad de la partícula cargada.

Un ejemplo es el de la desviación de un haz de electrones por un campo eléctrico, ya que, además del problema académico, permitiría mostrar a los alumnos el fundamento del osciloscopio (tubo de rayos catódicos) y realizar una práctica cualitativa en clase (osciloscopio conectado a diferentes baterías y a un oscilador de baja frecuencia (inferior a 1 Hz).

4.4. Inducción electromagnética

4.4.1. Flujo magnético

Se debe entender cualitativamente el concepto de flujo de un campo vectorial a través de una superficie, y saber obtener la expresión del mismo para el caso de campos uniformes.

4.4.2. Ley de Faraday-Lenz

Conviene discutir experimentos relacionados con esta ley.

La conclusión física de dicha ley es que una variación temporal de un campo magnético induce la aparición en dicho espacio de un campo eléctrico inducido (no tiene características de campo electrostático, ya que sus líneas son cerradas) y ello da lugar a la fuerza electromotriz inducida.

Aplicaciones

Se deben resolver problemas de cálculo de fuerzas electromotrices inducidas en geometrías sencillas (por ejemplo espiras en el seno de campos magnéticos uniformes) y ser capaces de intuir cualitativamente la existencia o ausencia de dichas fuerzas electromotrices en casos en los que se conozca la disposición de las líneas de campo magnético.

4.4.3. Producción de corrientes inducidas

Descripción cualitativa y de tipo práctico, con ejemplos concretos: alternador, dinamo, transformadores y motores.

Se debe conocer la existencia común de alternadores en casi todos los sistemas de producción eléctrica (excepto en la energía solar fotovoltaica), que convierten energía mecánica en energía eléctrica.

4.5. Ondas electromagnéticas. Espectro electromagnético

Los campos electromagnéticos pueden variar en el tiempo, y por tanto se propagan (y transmiten energía): la luz y las ondas de radio son la propagación de un campo electromagnético, es decir, perturbaciones locales de los valores del campo eléctrico y magnético que se propagan por el espacio (sin necesidad de la existencia de medios materiales).

Las ecuaciones del electromagnetismo implican que las ondas electromagnéticas en el vacío se mueven a la velocidad de la luz, c .

Las ondas electromagnéticas son transversales, con \vec{E} y \vec{B} perpendiculares entre sí y a la

dirección de propagación. Se debe ser capaz de visualizar el caso de ondas electromagnéticas armónicas y comprender el concepto de campos que se propagan.

Las ondas electromagnéticas se clasifican según su frecuencia (o lo que es equivalente su longitud de onda en el vacío, debido a la constancia de c), formando lo que se denomina un espectro. Se deben describir los rangos en función de la frecuencia (o longitud de onda en el vacío): ondas de radio, luz, rayos X, y rayos gamma. No se pedirá el conocimiento numérico de los límites admitidos para cada tipo de onda, sino solamente la longitud de onda de la luz en el vacío (redondeando, 500 nm) y el orden de los diferentes tipos (siguiendo la longitud de onda y la frecuencia).

Debe comentarse la utilización actual de las ondas de radio: radiodifusión, televisión, radares, wifi, etc.

Bloque 5

Óptica

5.1. Controversia histórica sobre la naturaleza de la luz

Comentar las dos visiones, corpuscular (defendida principalmente por Newton) y ondulatoria (defendida principalmente por Huygens), que surgieron a lo largo de la Edad Moderna.

Comentar asimismo que el carácter ondulatorio es preponderante en la visión macroscópica y que por ello suele utilizarse con más profusión.

5.2. Teoría ondulatoria de la luz

5.2.1. La luz como onda electromagnética

Comentar el espectro de luz cualitativamente. Se deben describir los rangos en función de la frecuencia (o longitud de onda en el vacío): infrarrojos (menor frecuencia), espectro visible (rojo, naranja, amarillo, verde, azul, violeta) y ultravioleta (mayor frecuencia). Se debe conocer aproximadamente la longitud de onda del rango visible (alrededor de 500 nm).

5.2.2. Reflexión y refracción

Los experimentos de reflexión y refracción de la luz se pueden explicar a partir de la teoría ondulatoria, suponiendo velocidades efectivas de propagación diferentes en cada medio.

La luz se propaga en el vacío a velocidad c , pero se propaga a menor velocidad en un medio material. A partir de esa velocidad se define el índice de refracción y se obtiene la ley de Snell en función de los valores de éste último.

Aplicaciones

Deben saber aplicar la ley de Snell para:

1. Analizar la trayectoria de la luz a su paso por un prisma.
2. Justificar el caso de reflexión total (comentar su utilización para describir un modelo simplificado de la propagación de la luz en las fibras ópticas).
3. Entender el diseño de lentes (cómo hacer que un haz paralelo converja en un punto).
4. Comprender la refracción atmosférica (espejismos).

5.2.3. Interferencia y difracción

Discusión cualitativa de ambos fenómenos.

Explicar el experimento de Young de las dos rendijas.

En este apartado sería aconsejable realizar un sencillo experimento utilizando un láser y un conjunto de rendijas.

5.2.4. Dependencia de la velocidad de propagación con la frecuencia (dispersión)

Entender la dispersión cromática de la luz por un prisma, una vez que se haya comentado que el índice de refracción de un medio óptico es función de la frecuencia (típicamente aumenta lentamente conforme aumenta ésta última). Esto permite comprender intuitivamente la formación del arco iris y otros espectros (de utilidad práctica).

5.2.5. Absorción

Se debe comentar el fenómeno de la absorción de la luz por un medio, o sea la conversión de energía luminosa en energía térmica. Los cuerpos opacos reflejan la luz que no absorben y eso da lugar al color por reflexión, que el alumno debe ser capaz de describir.

5.3. Óptica geométrica

Cuando la longitud de onda de la luz es pequeña comparada con el tamaño de los objetos que encuentra a su paso la propagación de la luz se puede describir a través de rayos.

Sólo se plantearán casos paraxiales (con un eje de simetría en la dirección de propagación, con rayos que no se separan mucho del mismo).



Mediante el trazado de rayos, se plantea gráficamente la formación de imágenes por los dos dispositivos básicos: dioptrio plano y dioptrio esférico.

Se definen los conceptos de objeto e imagen, de imagen real y virtual, de imagen derecha e invertida.

Se describen las lentes delgadas, formadas por dioptrios esféricos separados por un pequeño espacio. Se definen los focos objeto e imagen, y las distancias focales objeto e imagen de una lente, y con ellas se describe geoméricamente la formación de una imagen. Se pueden analizar también sistemas con dos lentes.

No se precisa el conocimiento de las ecuaciones que describen la formación de imágenes por los dispositivos ópticos anteriores (dioptrio plano, dioptrio esférico, lentes delgadas convergentes y divergentes) pero, usando diagramas de rayos, para obtener resultados cuantitativos sí se utilizará alguno de los métodos siguientes:

- diagramas de rayos a escala,
- relaciones geométricas en triángulos semejantes,
- trigonometría en triángulos rectángulos.

5.4. Instrumentos ópticos

Lupa y cámara fotográfica. Descripción mediante trazado de rayos.

5.5. El ojo humano y defectos de la visión

Discusión cualitativa del funcionamiento del ojo humano, con la existencia de dos tipos de células bastones y conos, estos últimos de tres tipos, lo que permite la visión del color.

Defectos de visión (miopía, hipermetropía, presbicia, astigmatismo) y sus correspondientes métodos de corrección.

5.6. Aplicaciones de la óptica

Se valorarán conocimientos cualitativos de aplicaciones de la óptica en el mundo actual (comunicaciones ópticas, tratamientos médicos, etc.).

Bloque 6

Física Moderna

6.1. Teoría de la Relatividad

6.1.1. El experimento de Michelson-Morley

Discusión histórica del concepto de éter y comentario del experimento de Michelson-Morley.

Incumplimiento de la relatividad de Galileo por la luz.

Dificultades de la Física Clásica en describir este experimento, lo que llevó a plantear la Teoría de la Relatividad Especial por Einstein.

6.1.2. La Relatividad Especial

Enunciar los postulados de Einstein de la Relatividad Especial: constancia de c y covariancia (aprox., identidad) de las leyes fundamentales de la Física para todos los observadores.

Noción de simultaneidad de eventos (sucesos). Plantear la necesidad de unir el tiempo al espacio en un espacio-tiempo de cuatro dimensiones para describir cuestiones relativistas.

Contracción de longitudes y dilatación de tiempos. Discutir muy sucintamente ambos puntos.

La Relatividad Especial demuestra que la masa y la energía son equivalentes: $E = mc^2$. Éste es el fundamento de la energía nuclear.

6.1.3. La Relatividad General

La Teoría de la Relatividad General es una generalización de los conceptos de la Especial para incluir los efectos de la gravedad. Es realmente una teoría de la Gravitación.



Enunciar y comentar el Principio de Equivalencia: todos los cuerpos caen igual en un campo gravitatorio uniforme (independientemente de su naturaleza y composición), o lo que es lo mismo, un campo gravitatorio uniforme es indistinguible de un movimiento uniformemente acelerado.

6.2. Física Cuántica

6.2.1. Ejemplos de lo que la física clásica no puede explicar

La difracción de electrones, la estructura atómica, el efecto fotoeléctrico, los espectros discontinuos y otros efectos relacionados con el mundo microscópico (a escala subatómica o atómica).

6.2.2. Justificaciones teóricas

Teoría de Planck: cuantización.

Hipótesis de De Broglie: dualidad onda-corpúsculo.

Comportamiento cuántico de las partículas (electrones, fotones, etc.). Principio de incertidumbre: describir cualitativamente sus consecuencias.

Comentar todo lo anterior conceptualmente. Se debe saber relacionar las magnitudes asociadas a la onda (longitud de onda, frecuencia) con las asociadas a la partícula (energía, cantidad de movimiento)

6.2.3. Estudio particular del efecto fotoeléctrico

Partiendo de los conceptos mencionados anteriormente, se debe utilizar el principio de conservación de la energía para justificar el efecto fotoeléctrico, analizando casos numéricos.

6.3. Física nuclear

6.3.1. Interacción fuerte. Energía de enlace

Se debe comprender la necesidad de una nueva interacción para justificar la estabilidad nuclear.

Aplicar la equivalencia masa-energía a la determinación de energía de ligadura de los núcleos.

Utilizar y aplicar las leyes de conservación del número atómico y másico y de la energía a las reacciones nucleares (en particular a las de fisión y fusión) y la radiactividad. Aplicación: ajustar reacciones nucleares sencillas.

Comentar brevemente las partículas fundamentales de la materia: quarks y leptones, así como los bosones mediadores de las interacciones básicas.

6.3.2. Radiactividad. Ley de decaimiento

Conocer la existencia de isótopos estables y de isótopos radiactivos.

La desintegración radiactiva es un fenómeno estadístico: no sabemos cuándo se va a desintegrar un átomo concreto, pero sí sabemos cuantos átomos van a desintegrarse en un intervalo de tiempo dado.

Concepto de período de semidesintegración: el tiempo necesario para que se desintegre la mitad de una muestra dada de isótopo radiactivo.

Conocer y aplicar numéricamente la ley del decaimiento de una sustancia radiactiva (caso más simple).

Conocer la existencia de las dos series radiactivas más importantes: la del torio (^{232}Th) y la del uranio (^{238}U). Comentar que existen en la naturaleza debido a los largos períodos de desintegración de los isótopos indicados.

6.3.3. Fusión y fisión, sus aplicaciones y sus riesgos

Definir los conceptos de fusión y fisión nuclear, conociendo qué tipos de isótopos se emplean en cada caso. Conocimiento de que la energía de las estrellas (y por tanto la vida en nuestro planeta) es debida a la fusión nuclear.

Comentar las aplicaciones y riesgos de la energía nuclear.

Enumerar las principales aplicaciones de isótopos radiactivos relevantes, así como indicar los efectos de las radiaciones sobre los seres vivos.

Bloque 7

Actividades prácticas

Dado que la Física es una ciencia experimental es **fundamental** que estas prácticas sean realizadas durante el curso. Se valorarán tanto los aspectos cualitativos, como los cuantitativos.

Respecto a los aspectos cuantitativos se pondrá especial énfasis en la existencia de errores de medida (que siempre son estimados y no conocidos exactamente), comentando los dos tipos (sistemático y accidental), así como la limitación que nos imponen los instrumentos de medida (que hacen que exista un error mínimo de escala del aparato).

Respecto al tratamiento numérico se conocerán tanto el error absoluto como el relativo, indicando sus usos principales. Por ejemplo, debe conocerse que las magnitudes físicas se expresan a veces en la forma $x \pm \Delta x$ siendo x la medida y Δx el error absoluto. En todo caso se indican también las **unidades** correspondientes.

Debe conocerse que los errores accidentales se tratan realizando múltiples medidas, lo que nos permite determinar una estimación de la verdadera magnitud (a través de la media) y una estimación del error absoluto. Para no complicar el tema de manera innecesaria no se precisará la determinación de desviaciones típicas —aunque es un método válido y conveniente lógicamente— sino que nos valdrá con la diferencia entre el valor medio y el extremo más alejado o entre los valores extremos (este método da un valor algo elevado). Recuérdese que se trata de estimaciones.

También se valorará la capacidad de representar gráficamente a escala en diagramas XY algunas magnitudes físicas relacionadas entre sí y la extracción de algunas consecuencias de esas representaciones gráficas.

7.1. Estudio de un muelle real

Objetivo principal: determinación de la constante elástica (o constante de rigidez) de un muelle (también denominado resorte) y estudio del efecto de la masa del muelle en las oscilaciones de un sistema masa-muelle.

Se realizarán al menos tres mediciones de período para cada masa, y se tomará la media.

1. Se determinará la constante elástica del muelle, k , midiendo los alargamientos, x , respecto a su longitud natural que se producen al someterlo a la acción de diversos pesos, Mg . Se obtendrá la gráfica de x frente a Mg , y a partir de ella, la pendiente (de manera gráfica). Se supone que $kx = Mg$.
2. Se constatará que el comportamiento dinámico del sistema muelle-masa es independiente de la amplitud de las oscilaciones (siempre que sean pequeñas).

Despreciando la masa m del muelle las oscilaciones tienen un período que cumple:

$$T_0^2 = \frac{4\pi^2}{k} M,$$

siendo M la masa suspendida del muelle. Para comprobar esta expresión conviene representar el cuadrado del período, T_0^2 frente a M , debiendo obtenerse una recta.

3. Un muelle real tiene masa que modifica el período, por lo que el valor real de éste es mayor que el anteriormente citado. Para estudiar este efecto se va a suponer que es equivalente a añadir una masa m' a la masa que cuelga. Por tanto, la ecuación anterior sería ahora:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{k} M + \frac{4\pi^2}{k} m'.$$

Variando la masa que cuelga se puede determinar la nueva recta, que no pasa por el origen: la ordenada en el origen será $4\pi^2 m' / k$ que nos permitirá determinar m' .

(Teoría más avanzada predice que $m' \approx \frac{1}{3}m$ cuando $m \leq M$ con un error menor que el 1 %.)

7.2. Estudio de un péndulo simple

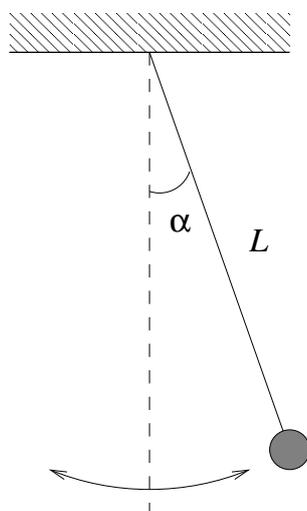
Objetivo principal: comprobar la relación entre longitud de un péndulo simple y su período. Determinar la aceleración de la gravedad en el lugar del experimento.

Se usará un cronómetro que aprecie centésimas de segundo y se medirán 20 oscilaciones en cada caso. El período, T , se obtendrá dividiendo el tiempo total entre 20.

Para pequeña amplitud el período de un péndulo simple es independiente de la amplitud, cumpliéndose:

$$L = \frac{g}{4\pi^2} T^2,$$

donde L es la longitud del hilo y g la aceleración de la gravedad.



1. Se fija una longitud del hilo, de unos 50 cm al menos y se va variando la amplitud, α , (medida con un transportador de ángulos) de 5 en 5 grados hasta 45 grados sexagesimales. Se comprobará que el período crece para los ángulos grandes.
2. Manteniendo un ángulo menor que unos 10 grados sexagesimales se variará la longitud del péndulo desde 40 cm hasta 80 cm de 5 cm en 5 cm, midiendo los períodos correspondientes. Se representa gráficamente L frente a T^2 . La pendiente de la recta nos da $g/(4\pi^2)$, lo que nos permite determinar g . Téngase cuidado con las unidades.

La incertidumbre de g puede determinarse de diversas maneras. Una de ellas es a través de los valores máximo y mínimo de la pendiente (estimados a partir de la gráfica): la mayor diferencia de uno de esos valores respecto al valor de g antes obtenido puede asumirse como incertidumbre.

7.3. Armónicos en una columna de aire de longitud variable

Objetivo principal: Análisis de las ondas estacionarias en un tubo y determinación de la velocidad del sonido en el aire.

Se supone conocida la teoría de las ondas estacionarias en un tubo con un extremo cerrado y otro abierto.

1. Conviene esquematizar las ondas estacionarias que se forman en un tubo con un extremo abierto y otro cerrado. Esto permitirá entender mejor la práctica.
2. La frecuencia del diapasón, f , es fija, y la velocidad del sonido, v , también, entonces la longitud de onda del sonido generado en el diapasón también es fija, con un valor:

$$\lambda = \frac{v}{f},$$

El tubo T de la figura soportará exclusivamente ondas con un máximo de desplazamiento en el extremo abierto y un desplazamiento nulo en el extremo cerrado. Siempre que no sea muy ancho, las longitudes de onda permitidas serán:

$$\lambda = \frac{4}{2n-1}L, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

siendo L la longitud total libre del tubo.

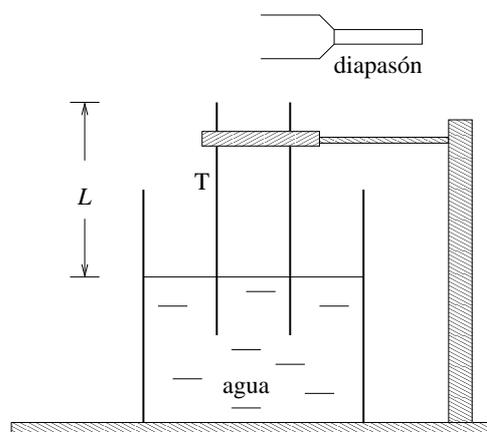
Se efectúa el montaje de la figura adjunta y se va variando la longitud L del tubo T que esté por encima del agua hasta escuchar una resonancia correspondiente a la onda estacionaria (o sea correspondiente a un valor dado de n). Denominemos L_n a la longitud del tubo cuando se se excita el armónico de orden n . En ese caso se tiene que cumplir:

$$v = \frac{4f}{2n-1}L_n, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

fórmula que nos permite determinar la velocidad del sonido en el aire.

El número de armónicos que se puede escuchar depende del dispositivo concreto, pero al menos tres o cuatro armónicos parecen probables.

3. Debe considerarse la forma más conveniente de tabular datos y realizar el tratamiento oportuno de los mismos para proporcionar un único resultado para v e informar de su incertidumbre (error absoluto, por ejemplo).

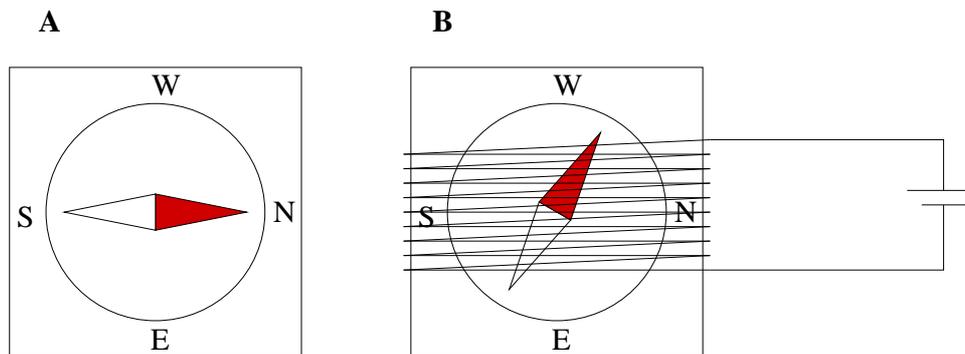


7.4. Experiencias de Oersted y de Faraday-Lenz

Objetivo principal: verificar que una corriente eléctrica genera un campo magnético y constatar cualitativamente la ley de Faraday-Lenz.

Experiencia de Oersted

Suele salir bien con una simple pila y una brújula barata.

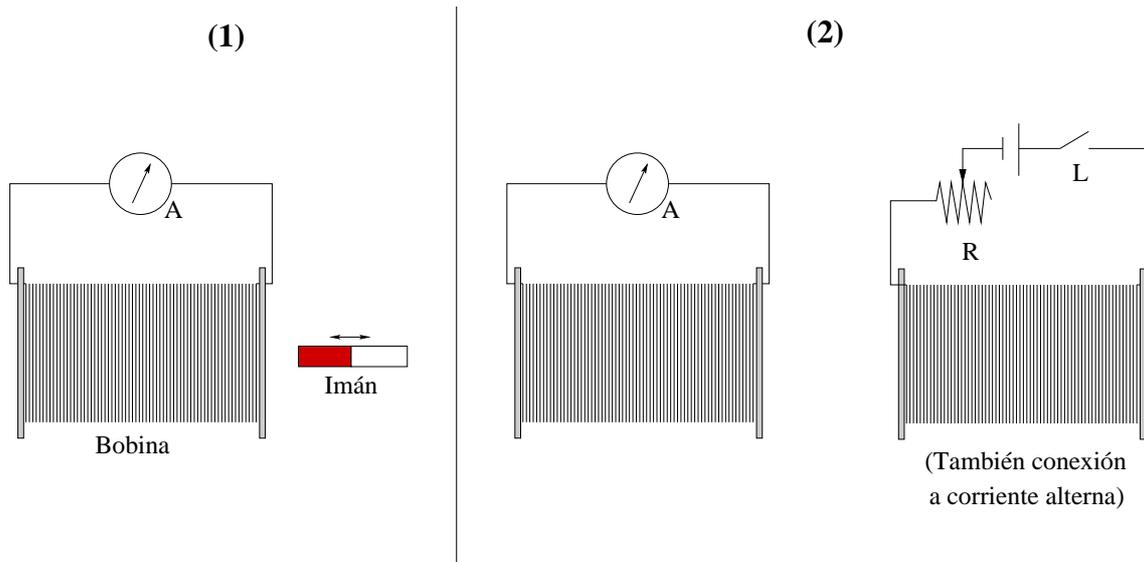


Suponiendo conocido el campo magnético originado por una corriente rectilínea larga y determinando la desviación de la brújula se puede calcular la componente horizontal del campo magnético terrestre local.

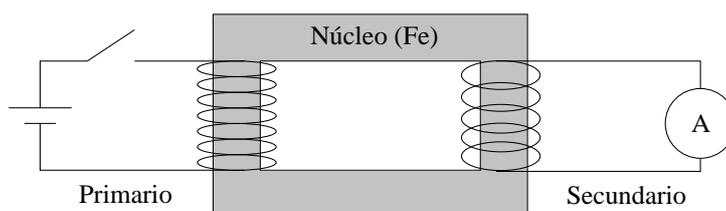
Experiencias de Faraday-Lenz

Lo que interesa es que varíe el flujo del campo magnético que atraviesa una bobina conectada a un miliamperímetro (véanse las figuras de la página siguiente). Se pueden realizar alguna o varias de las siguientes actividades (dependiendo del material del que se disponga):

- (1) Introducir y sacar el imán de la bobina probando con los dos polos.
- (1) Dejar fijo el imán y que sea la bobina la que se acerque y se aleje, probando también ambos polos.
- (2) Abrir y cerrar el circuito accionando el interruptor (L).
- (2) Modificar la intensidad de la corriente de un circuito mediante una resistencia variable (R) o haciendo circular una corriente alterna (AC) por él.

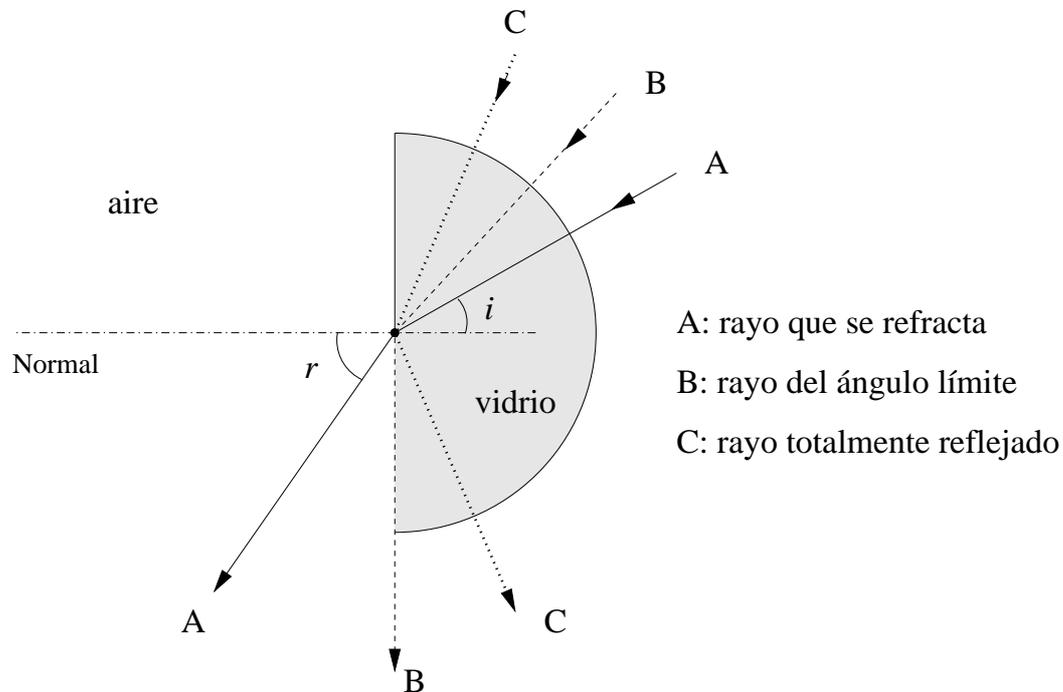


Puede resultar interesante realizar mediciones con voltímetros en el primario y en el secundario de un transformador, contrastando los resultados y proporcionando una explicación sencilla basada en la conservación de la energía.



7.5. Índice de refracción de un semicilindro de vidrio

Objetivo principal: determinar el índice de refracción de un vidrio.



1. Variar el ángulo de incidencia (véase la figura), aplicando la ley de Snell para cada ángulo.
2. Enfatícese el tratamiento de datos y la obtención de la gráfica $\sin r$ frente a $\sin i$. A partir de ella determínese el índice de refracción del vidrio respecto del aire.
3. Constátase la existencia de un ángulo límite y determine aproximadamente su valor, comparándolo con lo que predice la teoría (una vez conocido el índice de refracción en el punto anterior).

II Criterios generales de calificación y estructura de la prueba

Los criterios generales de calificación, o sea los objetivos de evaluación que se valorarán son los que se indican en el Decreto 75/2008, de 6 de agosto, por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato (BOPA 196 del 22 de agosto de 2008), con corrección de errores (BOPA, 7 de octubre de 2008).

Como se sabe, existen en la actual PAU dos fases, una general y otra específica. La asignatura Física aparece en las dos fases.

En la fase general el examen consta de dos alternativas, pudiendo elegirse cualquiera de ellas para realizar el examen (pero no se pueden mezclar). Las dos alternativas serán, evidentemente, del mismo nivel de exigencia.

En la fase específica el examen es único y diferente a las dos alternativas anteriores, aunque también será del mismo nivel de exigencia.

La duración del examen, tanto en la fase general como en la específica, es de 1 hora 30 minutos.

Por motivos de uniformidad con otras asignaturas, el examen se ha estructurado en cuatro apartados (aunque cada uno se ha subdividido en otros, como se expondrá a continuación).

Cada una de las alternativas de la fase general y el examen único de la fase específica tendrá la estructura siguiente:

- Dos problemas con varias opciones, con respuesta numérica, aunque también puede aparecer alguna cuestión conceptual relativa al problema. Cada uno de estos problemas se valorará con 2,5 puntos como máximo.
- Una pregunta de tipo teórico, con respuesta numérica o no, con cuestiones conceptuales relativas al currículo, con dos partes (que pueden o no estar relacionadas entre sí). La parte (a), más sencilla que la (b) se valorará con 1,0 puntos como máximo, mientras que la (b) se valorará con 1,5 puntos como máximo.
- Una pregunta con dos partes. En la parte (a), que se valorará como mucho con 1,0 puntos, se podrán preguntar definiciones, leyes, conceptos, descripciones, etc. La parte (b), que se valorará como mucho con 1,5 puntos, contiene una cuestión relacionada con las prácticas propuestas en el bloque 7.

Podrán aparecer cuestiones y problemas relacionadas con *cualquier parte del currículo*. En todos los casos debe razonarse la respuesta.

En la parte superior del examen se facilitarán cualesquiera constantes que se consideren necesarias para su resolución.

Más adelante, en la página 34, se muestra un modelo de examen con sus criterios de calificación.



III Materiales necesarios para resolver la prueba

Se necesita, evidentemente, bolígrafo negro o/y azul.

Para contestar a cuestiones y problemas de los bloques 5 y 7 se recomienda lápiz de mina blanda y goma de borrar, así como una regla graduada y una escuadra.

Se precisará también una calculadora científica, no gráfica ni alfanumérica. (Obviamente se retirará cualquier calculadora que no cumpla con estas especificaciones.)

En el examen se podrá usar una hoja en blanco, proporcionada por los examinadores, para hacer operaciones. Esta hoja no será recogida ni formará parte de las respuestas a la prueba.

IV Modelo de examen

Física

Duración del examen: 1 hora 30 minutos.

Alternativa 1.

Algunos datos necesarios: radio de la Tierra 6370 km; masa de la Tierra $5,98 \times 10^{24}$ kg; constante de la gravitación universal $6,67 \times 10^{-11}$ Nm²kg⁻²; carga del electrón $1,602 \times 10^{-19}$ C; constante de Planck $6,626 \times 10^{-34}$ J s; velocidad de la luz en el vacío $3,00 \times 10^8$ ms⁻¹

1. (2,5 puntos) Un satélite con una masa de 2000 kg se mueve en una órbita circular a 50000 km por encima de la superficie terrestre. (a) ¿Cuál es la fuerza que el satélite ejerce sobre la Tierra? (b) ¿Cuál es la velocidad del satélite en km/hora?
2. (2,5 puntos) La función de trabajo para el efecto fotoeléctrico del wolframio es 4,58 eV. Determine: (a) la función de trabajo en julios (un eV es la energía que adquiere un electrón al ser acelerado bajo una diferencia de potencial de un voltio), (b) la frecuencia umbral, (c) el potencial de detención (o de frenado) si la longitud de onda es 200 nm.
3. (2,5 puntos) (a) Explique por qué las ondas sonoras no se pueden polarizar. (b) Dos cargas eléctricas en el vacío están separadas cierta distancia y se ejercen entre sí una fuerza F_0 . Si se dobla el valor de una de las cargas y también se dobla la distancia entre ambas (quedando en reposo), ¿cuánto valdrá la nueva fuerza que se ejercen entre sí? (debe razonarse la respuesta)
4. (2,5 puntos) (a) Describa el funcionamiento de la cámara fotográfica. Incluya un esquema. (b) Se usa un péndulo simple y un cronómetro que aprecia centésimas de segundo para determinar mediante pequeñas oscilaciones la aceleración de la gravedad en cierto lugar. Se prueba con seis diferentes longitudes, midiendo el tiempo que el péndulo tarda en dar 20 oscilaciones, obteniéndose los datos experimentales de la tabla siguiente:

longitud (cm)	tiempo (s)
50	28,34
60	31,40
70	33,32
80	35,67
90	38,37
100	40,12

Determine el valor más probable de g y realice una estimación de su incertidumbre.



Alternativa 2.

1. (2,5 puntos) En una maquinilla de afeitarse eléctrica la cuchilla se mueve adelante y atrás a lo largo de 2,0 mm, con un movimiento armónico simple de frecuencia 120 Hz. Determine: a) la amplitud del movimiento, b) la máxima velocidad de la cuchilla, c) la máxima aceleración de la cuchilla.
2. (2,5 puntos) Un electrón se mueve entre dos placas planas paralelas cargadas una positivamente y otra negativamente, con una velocidad inicial de componentes $v_x = 150 \text{ km/s}$, $v_y = 3,0 \text{ km/s}$, $v_z = 0$. El campo eléctrico entre las placas tiene por componentes $E_x = E_z = 0$, $E_y = 120 \text{ N/C}$. Suponiendo un comportamiento no relativista, a) exponga qué dos leyes físicas se necesitan para la resolución del problema; determine: b) el vector aceleración del electrón; c) el vector velocidad del electrón cuando x se ha incrementado en 2,0 cm.
3. (2,5 puntos) (a) Explique el experimento de Young con dos rendijas. ¿Para qué fue utilizado? (b) El potencial eléctrico que genera una carga eléctrica en el vacío en un cierto punto tiene por valor V_0 . Si se triplica el valor de la carga, cambiándola de signo y también se dobla la distancia del punto a la carga, ¿cuánto valdrá el potencial en ese punto? (debe razonarse la respuesta)
4. (2,5 puntos) (a) Explique el fundamento del alternador eléctrico. (b) Hacia el año 150 de nuestra era, Claudio Ptolomeo dio las siguientes medidas del ángulo de incidencia, θ_1 , frente al ángulo de refracción, θ_2 , para el paso de un rayo de luz del aire al agua:

θ_1	θ_2
10°	8°
20°	15,5°
30°	22,5°
40°	29°
50°	35°
60°	40,5°
70°	45,5°
80°	50°

Con los conocimientos actuales, ¿cómo se puede comprobar si estos datos son (aproximadamente) correctos? Realice también una estimación del índice de refracción del agua con dos decimales.

V Criterios específicos de calificación del modelo

Alternativa 1.

- (a) La fuerza de la gravedad es $F = GM_T m/r^2$, siendo M_T la masa de la Tierra, m la masa del satélite y r el radio de su órbita, $r = R_T + h$ (0,8 puntos). Sustituyendo resulta $F = 251$ N (0,5 puntos).

(b) Se aplica la segunda ley de Newton $F = ma$ siendo $a = v^2/r$ su aceleración centrípeta, usando la fuerza de gravedad (0,7 puntos). A partir de aquí se obtiene $v = 9600$ km/hora (0,5 puntos).
- (a) 1 eV es el producto de la carga del electrón por un voltio. Por tanto la respuesta es $\phi = 7,34 \times 10^{-19}$ J (0,5 puntos).

(b) A partir de la función de trabajo, ϕ , se obtiene la frecuencia umbral $f_u = \phi/h$ (0,6 puntos), con lo que la respuesta pedida es $f_u = 1,11 \times 10^{15}$ Hz (0,4 puntos).

(c) El potencial de detención se determina mediante $V_0 = (hc/\lambda - \phi)/e$ (0,6 puntos), de lo que se obtiene $V_0 = 1,63$ V (0,4 puntos).
- (a) Las ondas sonoras son longitudinales (el movimiento de las partículas del medio sigue la dirección de propagación) y por tanto no se pueden polarizar (1 punto).

(b) El conocimiento de que se necesita la ley de Coulomb (la fuerza eléctrica para cargas en reposo es proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia) se valora con 1 punto, mientras que la aplicación concreta al caso presentado y que resulta en que la fuerza es al final $\frac{1}{2}F_0$ se valora en 0,5 puntos.
- (a) Consiste en una cámara oscura, una lente convergente, una apertura variable y un obturador (0,5 puntos). El esquema solicitado se valora en 0,5 puntos.

(b) Para determinar la magnitud pedida con un péndulo hace falta la ecuación que liga su longitud (L), su período (T) y la aceleración de la gravedad (g) para oscilaciones de pequeña amplitud (0,5 puntos):

$$g = 4\pi^2 L / T^2.$$

El período se obtiene de dividir por 20 cada tiempo total.

Se pueden seguir dos caminos en la resolución. En el primero de ellos se representa gráficamente en ordenadas L frente a T^2 en abscisas. La pendiente de una recta que pasa por el origen de coordenadas y por el medio de los puntos es igual a $g/(4\pi^2)$, y de ahí se obtiene g (0,5 puntos). La incertidumbre aproximada puede obtenerse a partir de las dos rectas con mayor y menor pendiente que pasen por el origen y que se obtienen con los puntos dibujados. Podríamos tomar la máxima diferencia entre esas pendientes y el valor anteriormente obtenido como incertidumbre (0,5 puntos).

En el segundo método se aplica la expresión anterior a cada una de las medidas proporcionadas se obtienen seis valores de g . El valor medio, $9,80 \text{ m s}^{-2}$, es el más probable (0,5 puntos), mientras que una estimación de su incertidumbre se obtendría mediante uno de estos métodos (todos ellos considerados válidos, 0,5 puntos): el error probable ($0,14 \text{ m s}^{-2}$), la media de las diferencias respecto a la media o desviación media ($0,11 \text{ m s}^{-2}$), o la mayor diferencia entre los valores y la media ($0,16 \text{ m s}^{-2}$).



Alternativa 2.

1. El conocimiento de la ecuación del movimiento armónico simple se valora en 0,7 puntos. La obtención de la amplitud se valora en 0,4 puntos. La relación entre la frecuencia angular y la frecuencia (necesaria en la resolución) se valora en 0,4 puntos. La obtención de la velocidad máxima se valora en 0,6 puntos. La obtención de la aceleración máxima se valora en 0,4 puntos.
2. (a) El conocimiento de la ley que relaciona la fuerza y el campo eléctrico (son proporcionales a través de la carga) se valora en 0,5 puntos. La segunda ley de Newton es necesaria también en la resolución y su conocimiento se valora en 0,5 puntos. (b) La obtención de un resultado numérico vectorial correcto para la aceleración se valora en 0,3 puntos. El movimiento del electrón es uniforme en dirección Ox (0,2 puntos) y de ahí se obtiene el tiempo de vuelo para una distancia recorrida a lo largo de ese eje (0,2 puntos). (c) El movimiento del electrón es uniformemente acelerado en Oy (0,2 puntos), obteniéndose de ahí el incremento de velocidad en Oy (0,3 puntos). Una respuesta numérica vectorial correcta para la velocidad final se valora en 0,3 puntos.
3. (a) La realización de un esquema gráfico y la explicación correcta del experimento de Young con dos rendijas se valora en 0,5 puntos. El conocimiento de que fue utilizado para demostrar el comportamiento ondulatorio de la luz se valora en 0,5 puntos.
(b) Se necesita conocer la expresión para el potencial electrostático creado por una carga en el vacío (proporcional a la carga e inversamente proporcional a la distancia) se valora con 1 punto, mientras que la aplicación concreta al caso presentado y que resulta en que el potencial es al final $-\frac{3}{2}V_0$ se valora en 0,5 puntos.
4. (a) El fundamento del alternador eléctrico es la inducción electromagnética: su enunciado se valora en 0,5 puntos. Un sencillo esquema con explicación de su forma de funcionar se valora en 0,5 puntos.
(b) Se utiliza la ley de Snell, cuyo enunciado se valora en 0,5 puntos, y se representa $\text{sen}\theta_2$ frente a $\text{sen}\theta_1$ en un gráfico (0,5 puntos). La obtención del índice de refracción pedido mediante la gráfica (por ejemplo) se valora en 0,5 puntos.