

Guía didáctica de la materia FÍSICA

Prueba de Acceso a la Universidad (PAU)

Curso Académico 2015-2016

Prof. Pedro Córdoba Torres
Coordinador de Física
Departamento de Física Matemática y de Fluidos de la UNED
Email: pcordova@dfmf.uned.es

En este documento se presentan las principales directrices así como otras orientaciones generales sobre la Prueba de Acceso a la Universidad de la materia Física. El objetivo es posibilitar que todos los estudiantes que desean ingresar en la universidad puedan realizar la Prueba de Acceso en condiciones de igualdad así como facilitar la planificación de la materia, respetando siempre la autonomía pedagógica que reconoce a los Centros la normativa vigente y ajustándose lo establecido en el Real Decreto 1892/2008 y en la Orden ESD/1729/2008,

Comentarios acerca del programa del segundo curso del Bachillerato, en relación con la Prueba de Acceso a la Universidad

A continuación se presentan de forma desarrollada los contenidos del programa de la materia Física, cuyos puntos principales fueron publicados en el BOE Programa Orden ESD-1729-2008.

Aunque los contenidos directamente evaluables en la prueba corresponden al segundo curso de Bachiller, se presupone que el estudiante accederá a la misma con los conocimientos de física adquiridos durante el primer curso, y las matemáticas estudiadas en los dos cursos. Estos conocimientos podrán ser necesarios para superar la prueba. Nos referimos, por ejemplo en física, a los principios básicos de la cinemática y de la dinámica (tipos de movimiento y sus ecuaciones, leyes de Newton y principios de conservación), así como a los principios de la electricidad y del campo electrostático. En cuanto a las matemáticas, el estudiante deberá dominar herramientas del cálculo como las derivadas e integrales, del álgebra como las magnitudes vectoriales y sus operaciones (suma, producto escalar, producto vectorial) y de la geometría como el cálculo de áreas y volúmenes. Estos formalismos matemáticos nunca serán objeto de evaluación *per se*, pero obviamente serán necesarios en muchos casos para la correcta resolución de los ejercicios y cuestiones planteados en la prueba.

Los contenidos se distribuyen en 5 grandes temas, que desarrollamos a continuación:

1. Interacción gravitatoria

- Leyes de Kepler y ley de la gravitación universal.
- Campo gravitatorio y energía potencial gravitatoria. Gravedad.
- Conservación de la energía mecánica en campos gravitatorios. Velocidad de escape. Lanzamiento de cohetes o satélites desde la superficie de planetas
- Aplicación de estos conceptos al movimiento de planetas y satélites: cálculo de órbitas (radios, periodos) y masas.

2. Vibraciones y ondas

- Movimiento oscilatorio: el movimiento vibratorio armónico simple.
 - Oscilaciones de un muelle. Ley de Hooke.
 - Magnitudes características del movimiento oscilatorio: amplitud, frecuencia, periodo y fase.
 - Obtención de la ecuación de un movimiento armónico simple a partir de los datos del problema, como por ejemplo las condiciones iniciales: posición, velocidad y aceleración en función del tiempo
 - Energía cinética y potencial del movimiento oscilatorio.
- Movimiento ondulatorio.
 - Clasificación de las ondas: longitudinales y transversales, mecánicas y electromagnéticas.
 - Principales propiedades de estas ondas y medios de propagación. Ondas estacionarias.
 - Conocimiento cualitativo de los siguiente fenómenos ondulatorios:
 1. Transmisión de la energía a través de un medio: atenuación, absorción y dispersión.
 2. Reflexión y refracción; difracción e interferencia.
 3. Efecto Doppler.
 - Principio de Huygens.
 - Magnitudes características de las ondas: amplitud, frecuencia, periodo, número de onda, longitud de onda, velocidad y sentido de propagación, y fase.
 - Ecuación de las ondas armónicas planas. Obtención de la ecuación de onda a partir de los datos de un problema.

3. Óptica

- Naturaleza ondulatoria de la luz.
- Dependencia de la velocidad de propagación de la luz con el medio. Índice de refracción.
- Fenómenos producidos por el cambio de medio: reflexión y refracción. Ley de Snell. Reflexión total.
- Conocimiento cualitativo del espectro visible y de los fenómenos de difracción, interferencia y dispersión de la luz.

4. Campo electromagnético

- Campo electrostático.
 - Carga eléctrica y ley de Coulomb. Densidad lineal, superficial y volumétrica de carga.
 - Campo eléctrico, potencial eléctrico y energía potencial eléctrica. Líneas de campo eléctrico.
 - Conservación de la energía mecánica en un campo eléctrico. Movimiento de cargas en campos eléctricos.
 - Cálculo del campo y potencial eléctrico creado por distribuciones discretas de carga. Energía potencial eléctrica de distribuciones discretas de carga.
 - Ley de Gauss para el cálculo del campo eléctrico creado por distribuciones continuas sencillas (con cierta simetría) de carga.
- Campo electromagnético.
 - Fenomenología del magnetismo.

- Fuerza ejercida por un campo magnético sobre una carga puntual o elemento simple de corriente. Movimientos de cargas en campos magnéticos.
- Fuentes del campo magnético: campo magnético creado por una carga puntual en movimiento y campo magnético creado por corrientes eléctricas simples: ley de Biot y Savart (no se pedirá nunca deducir la expresión del campo magnético creado por una corriente eléctrica, pero sí propiedades cualitativas deducibles directamente a partir de la ley de Biot y Savart, como la orientación del campo en el espacio).
- Relación entre fenómenos eléctricos y magnéticos: movimientos de cargas en un campo electromagnético (ley de Lorentz), interacciones magnéticas entre corrientes rectilíneas,...
- Inducción electromagnética. Flujo magnético. Fem inducida y leyes de Faraday y Lenz. Aplicación a problemas sencillos.

5. Introducción a la Física moderna

- La crisis de la Física clásica. Conocimiento cualitativo de los problemas que la provocaron: naturaleza ondulatoria del electrón (experimentos de interferencia y difracción con rendijas), inestabilidad del modelo del átomo de Rutherford, espectros de emisión y absorción discretos,...
- Física cuántica.
 - Dualidad onda-partícula.
 1. Naturaleza corpuscular de la luz. Concepto de fotón. Ecuación de Planck.
 2. Naturaleza ondulatoria de las partículas. Longitud de onda de De Broglie.
 - El efecto fotoeléctrico.
 - El átomo de Bohr. Cuantización de la energía y niveles energéticos. Transiciones electrónicas entre los niveles. Energía de ionización. Espectros discontinuos.
- Física nuclear.
 - Composición del núcleo y concepto de isótopo.
 - Estabilidad nuclear: fuerza nuclear fuerte o hadrónica.
 - La energía de enlace y el defecto de masa. Equivalencia masa-energía (ecuación de Einstein)
 - Radiactividad. Tipos de desintegración radiactiva y sus principales características. Ley de desintegración radiactiva. Actividad, constante de desintegración y periodo de semidesintegración.
 - Reacciones nucleares. Energía liberada. Fisión y fusión.

Estructura de la prueba

La prueba constará de dos opciones, **OPCIÓN A** y **OPCIÓN B**, de las que el estudiante deberá escoger una y resolver los ejercicios que en ella se planteen. Cada opción estará compuesta de **4 ejercicios**. Cada uno de estos ejercicios podrá tratarse de una simple cuestión o de un problema con o sin apartados. En el caso de que los apartados tengan diferentes niveles de dificultad se podrá asignar diferente puntuación a cada uno de los apartados. En la propuesta de examen que se entregará al alumno **se indicará de forma clara** la puntuación máxima asignada a cada uno de las cuestiones, ejercicios y/o apartados propuestos, de modo que la suma total sea de 10 puntos (al final de este documento se proporciona un examen ejemplo). **El estudiante deberá comenzar su examen indicando claramente en el papel cuál de las dos opciones ha escogido. En el caso de que el alumno resuelva ejercicios de las dos opciones sólo se corregirán aquellos de la opción que el**

estudiante haya consignado como elegida. En caso de que no haya indicado ninguna opción, sólo se corregirán los ejercicios de la opción por la que haya empezado a contestar, esto es, la opción del primer ejercicio respondido en el examen.

El objetivo de esta prueba con cuatro ejercicios es tratar de cubrir la mayor parte posible del temario. En ningún caso dos ejercicios de una misma opción corresponderán al mismo tema. Esto quiere decir que de los cinco grandes temas anteriormente expuestos, cuatro de ellos serán evaluados. El peso de cada bloque podrá variar de una opción a otra, y por supuesto de un examen a otro.

Aunque los ejercicios serán fundamentalmente prácticos, esto es, consistirán en cuestiones y problemas en los que el estudiante deberá aplicar los principios y conceptos físicos aprendidos durante el curso para resolverlos, no se descarta la posibilidad de que incluyan teoría. El tipo de problemas planteados no diferirá sustancialmente de los propuestos en cursos pasados. La principal diferencia es que disminuye el número de apartados para un mismo ejercicio y aumenta a cuatro el número de ellos.

Instrucciones sobre el desarrollo de la prueba

El estudiante podrá acceder a la prueba con una **calculadora científica no programable** y material de escritura. Cualquier dato –como las constantes físicas- que fuera necesario para la resolución de los ejercicios será indicado en el enunciado de los mismos. Si el estudiante considerase que precisa de algún otro dato no especificado, puede dejarlo indicado y desarrollar la solución del ejercicio sin que ello represente ningún perjuicio en su nota, siempre que su razonamiento sea correcto.

Criterios de corrección y calificación

La calificación máxima de cada cuestión, problema o apartado, aparecerá indicada de forma clara al final del mismo. Para obtenerla, la respuesta debe estar correctamente planteada, bien justificada y que el resultado obtenido sea correcto. Es necesario indicar aquí que en el caso en que el alumno plantee el problema y no alcance la solución correcta, el corrector del examen valorará el planteamiento y los razonamientos que se incluyan en la solución, con la finalidad de asignar una nota que se ajuste a los conocimientos del estudiante. Es por ello que se valorará de forma positiva un correcto planteamiento de la solución al problema propuesto, una buena justificación de la resolución que se hace del mismo, y se valorará de forma positiva que se expliquen de forma cuidadosa los pasos que se siguen en la resolución del problema. Los criterios generales de corrección y calificación son los siguientes:

1. El principal criterio de corrección será el correcto planteamiento de la solución del ejercicio y la adecuada aplicación de las leyes, principios y/o conceptos físicos aprendidos durante el curso. Se valorará muy positivamente el uso de diagramas así como de la explicación del planteamiento.

2. Una vez valorado el planteamiento inicial del estudiante, se evaluará el desarrollo del mismo hasta la solución pedida en el enunciado. De nuevo se recomienda al estudiante que justifique los pasos seguidos. Los posibles errores producidos durante las operaciones matemáticas (cálculos numéricos, manipulación de ecuaciones, etc) serán considerados leves y no penalizarán significativamente, lo importante es el planteamiento y el desarrollo.

3. En todo momento se debe prestar especial atención a las unidades en las que se presentan las magnitudes físicas. Cualquier resultado en **Física** viene dado por un número acompañado de las unidades adecuadas. Salvo que se especifique lo contrario trabajaremos con unidades del Sistema Internacional.

4. Es muy importante diferenciar el carácter escalar o vectorial de una cierta magnitud, y operar en consistencia con ello.

5. Por acuerdo de la Comisión de organización de la PAU, en todos los ejercicios se tendrá en cuenta específicamente la capacidad expresiva y la corrección idiomática de los estudiantes, respetando la corrección sintáctica, la corrección ortográfica, la propiedad léxica y la adecuada presentación. En la prueba de Física no penalizarán las faltas de ortografía, pero sí la presentación y la capacidad expresiva. Por consiguiente, un ejercicio ilegible (no se entiende la escritura, las ecuaciones son confusas, está lleno de tachones,...) podrá ser no considerado por el profesor corrector. Se ruega, por tanto, especial atención en la caligrafía. En cualquier caso, el corrector especificará en el ejercicio la deducción efectuada en la nota global en relación con los criterios señalados.

Modelo de la prueba

A continuación se presenta un modelo tipo de la prueba con el mismo formato que tendrá el día del examen. Recordamos que la ponderación de cada una de las cuestiones, ejercicios y/o apartados podrá variar de un examen a otro. El modelo ha sido resuelto para ilustrar el correcto procedimiento de respuesta, aunque obviamente la explicación dada por el estudiante no tiene que ser tan detallada.

LEA CON ATENCIÓN LAS SIGUIENTES INSTRUCCIONES:

- Este documento incluye **dos modelos de examen** denominados **OPCIÓN A** y **OPCIÓN B**. Cada una de las opciones tiene cuatro ejercicios. La puntuación de cada ejercicio está indicada al final del mismo.
- **El estudiante debe escoger una opción y realizar los ejercicios planteados en la misma.** La opción elegida debe estar claramente indicada en el comienzo de las hojas de respuesta. También hay que indicar claramente cada uno de los problemas a los que se responde.
- Está permitido el uso de calculadora científica **NO PROGRAMABLE**.

OPCIÓN A:

Ejercicio 1. Se quiere poner un satélite de masa 500 kg en una órbita circular alrededor de la Tierra a una altura de 1000 km con respecto a la superficie terrestre.

- a) Calcular el módulo del campo gravitatorio en cualquier punto de la órbita. **(1 punto)**
- b) Calcular el periodo de la órbita del satélite. **(2 puntos)**

Datos: $M_T = 5,98 \times 10^{24}$ kg; $R_T = 6370$ km; $G = 6,67 \times 10^{-11}$ Nm²/kg².

Ejercicio 2. El extremo de una cuerda horizontal situada en el eje X oscila con un movimiento armónico simple de frecuencia 50 Hz y amplitud 4 cm. Esto genera una onda transversal que se propaga a lo largo de la cuerda en el sentido positivo del eje de abscisas, de forma que dos puntos que oscilan en fase se encuentran separados por una distancia de 10 cm. Suponer que el extremo que vibra se encuentra en el origen de coordenadas y que en el instante inicial la elongación es nula. Escribir la ecuación de esta onda. **(2 puntos)**

Ejercicio 3. Supongamos que tenemos una carga positiva de 1 mC fija en el origen de coordenadas del plano XY. En un momento dado situamos una carga negativa de -1 mC en el punto (2,0) m. Esta carga se sitúa inicialmente en reposo y puede moverse libremente.

- a) Calcular el vector fuerza que actuará sobre la carga negativa en el instante en el que se coloca en ese punto. **(1 punto)**
- b) Calcular la energía cinética que tendrá la carga negativa cuando se encuentre en el punto (1,0). **(2 puntos)**

Datos: $k = 8,99 \times 10^9$ Nm²/C².

Ejercicio 4. Un rayo de luz se propaga en el interior de una fibra óptica de cuarzo rodeada de aire. Calcular el ángulo de incidencia mínimo con el que debe llegar a la interfaz cuarzo-aire para que experimente un fenómeno de reflexión total de modo que pueda seguir propagándose por el interior de la fibra sin experimentar ninguna atenuación. **(2 puntos)**

Datos: Índice de refracción del aire: $n_{\text{aire}} = 1,000$; índice de refracción del cuarzo: $n_{\text{cuarzo}} = 1,458$.

OPCIÓN B:

Ejercicio 1. Un proyectil es lanzado verticalmente desde la superficie de la Tierra con una velocidad inicial v_0 . Si suponemos que esta velocidad es mayor que la velocidad de escape el proyectil se alejará indefinidamente de la Tierra tendiendo a alcanzar una velocidad constante. Despreciando cualquier tipo de resistencia, calcular esta velocidad límite en función de v_0 , de la constante G de la gravitación, y del radio y masa terrestre, R_T y M_T . **(2 puntos)**

Ejercicio 2. Supongamos que tenemos un muelle de constante elástica 35 N m^{-1} situado horizontalmente sobre una mesa que no tiene rozamiento. Se fija uno de los extremos del muelle a la pared mientras que en el otro extremo se sitúa una masa de 50 g . Si tiramos de la masa estirando el muelle 4 cm y la soltamos, el objeto describirá un movimiento armónico simple alrededor de la posición de equilibrio.

a) Obtener la expresión de la aceleración del movimiento alrededor de la posición de equilibrio. **(2 puntos)**

b) Calcular como varía la energía mecánica del sistema en función del tiempo. **(1 punto)**

Ejercicio 3. Un solenoide está formado por 500 espiras circulares de $2,5 \text{ cm}$ de diámetro. El solenoide se encuentra situado en un campo magnético uniforme de $0,3 \text{ T}$ con una dirección que coincide con el eje del solenoide. Supongamos que esta dirección coincide con el eje Y y que el sentido campo apunta hacia los valores de y positivos. Si el módulo del campo magnético disminuye uniformemente hasta hacerse nulo en $0,1 \text{ s}$:

a) Calcular la fuerza electromotriz inducida (fem) en el solenoide. **(2 puntos)**

b) Indicar con un dibujo el sentido de la corriente inducida en el solenoide y justificar la respuesta. **(1 punto)**

Ejercicio 4. La masa del núcleo del isótopo de hierro Fe-56 ($A = 56$ y $Z = 26$) es $m_{\text{Fe-56}} = 55,9394 \text{ u}$. Determinar la energía de enlace del núcleo. **(2 puntos)**

Datos: $m_p = 1,00728 \text{ u}$; $m_n = 1,00867 \text{ u}$; $c^2 = 931,5 \text{ MeV/u}$.

SOLUCIÓN

OPCIÓN A:

Ejercicio 1. Se quiere poner un satélite de masa 500 kg en una órbita circular alrededor de la Tierra a una altura de 1000 km con respecto a la superficie terrestre.

a) Calcular el módulo del campo gravitatorio en cualquier punto de la órbita. (1 punto)

b) Calcular el periodo de la órbita del satélite. (2 puntos)

Datos: $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$; $R_T = 6370 \text{ km}$; $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.

Solución

La expresión del campo gravitatorio generado por una masa M a una distancia r tiene la forma

$$\vec{g} = -G \frac{M}{r^2} \hat{r},$$

donde \hat{r} es el vector unitario que apunta de la masa M a la posición del espacio donde se quiere obtener el campo. En nuestro caso tenemos que la distancia desde cualquier punto de la órbita al centro de la Tierra será siempre la misma, por lo que el módulo del campo gravitatorio será constante a lo largo de la órbita

$$|\vec{g}| = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} = 7,34 \text{ N/kg}.$$

Para calcular el periodo de la órbita primero debemos calcular la velocidad de traslación del satélite alrededor de la Tierra. Para ello hacemos uso del hecho de que es la fuerza de atracción gravitatoria la fuerza centrípeta responsable del movimiento circular:

$$\vec{F}_g = \vec{F}_c \rightarrow G \frac{M_T m}{(R_T + h)^2} = m \omega^2 (R_T + h).$$

Despejando obtenemos

$$\omega = \sqrt{G \frac{M_T}{(R_T + h)^3}} = 9,98 \times 10^{-4} \text{ rad s}^{-1}.$$

Por lo tanto, el periodo será

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 6294,6 \text{ s} = 1,75 \text{ horas}$$

Ejercicio 2. El extremo de una cuerda horizontal situada en el eje X oscila con un movimiento armónico simple de frecuencia 50 Hz y amplitud 4 cm. Esto genera una onda armónica que se propaga a lo largo de la cuerda en el sentido positivo del eje de abscisas, de forma que dos puntos que oscilan en fase se encuentran separados por una distancia de 10 cm. Suponer que el extremo que vibra se encuentra en el origen de coordenadas y que en el instante inicial la elongación es nula. Escribir la ecuación de esta onda. (2 puntos)

Solución

La función de una onda armónica que se mueve en el sentido positivo de x tiene la forma:

$$y(x, t) = A \sin(kx - \omega t + \varphi).$$

Ahora sólo tenemos que identificar cada una de las variables de la ecuación con los datos proporcionados en el enunciado. La amplitud A es de 0,04 m. Como la frecuencia de vibración es de 50 Hz, tendremos que $\omega = 2\pi f = 100\pi \text{ rad s}^{-1}$. El número de onda k es $k = 2\pi / \lambda$, donde $\lambda = 10 \text{ cm}$

. Por tanto $k = 20\pi \text{ rad m}^{-1}$. Finalmente nos queda averiguar la fase inicial de la onda, φ . Cuando $x = 0$ y $t = 0$ tenemos que $y(x = 0, t = 0) = A \sin(\varphi)$. Como en el enunciado nos dicen que en este instante la elongación es nula, podemos decir que $\varphi = 0$, así que finalmente llegamos a la siguiente ecuación de onda:

$$y(x, t) = 0,04 \sin(20\pi x - 100\pi t) \text{ m}$$

Ejercicio 3. Supongamos que tenemos una carga positiva de 1 mC fija en el origen de coordenadas del plano XY. En un momento dado situamos una carga negativa de -1 mC en el punto (2,0) m. Esta carga se sitúa inicialmente en reposo y puede moverse libremente.

a) Calcular el vector fuerza que actuará sobre la carga negativa en el instante en el que se coloca en ese punto. **(1 punto)**

b) Calcular la energía cinética que tendrá la carga negativa cuando se encuentre en el punto (1,0). **(2 puntos)**

Datos: $k = 8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

Solución

La carga negativa experimentará una fuerza debida al campo eléctrico producido por la carga positiva. La expresión de esta fuerza viene dada por la ley de Coulomb, que para la fuerza eléctrica ejercida por una carga puntual q_1 sobre otra carga puntual q_2 separadas por el vector $\vec{r}_{12} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ que apunta de la carga 1 a la carga 2, tiene la forma

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12},$$

donde r_{12} es el módulo de \vec{r}_{12} y \hat{r}_{12} su vector unitario.

En nuestro problema tenemos que $\vec{r}_{12} = (2,0) \text{ m}$, de modo que la fuerza que experimentará la carga negativa debido a la carga positiva será

$$\vec{F}_{12} = -2247,5 \times (1,0) \text{ N} = -2247,5 \vec{i} \text{ N}$$

Vemos, por tanto, que la fuerza actúa en la dirección del eje X pero sentido negativo, es atractiva. Esto quiere decir que la carga negativa se moverá espontáneamente hacia la positiva recorriendo el eje X. Para resolver la segunda parte del ejercicio lo más sencillo es aplicar la conservación de la energía mecánica puesto que el campo eléctrico es conservativo. De acuerdo con este principio tenemos:

$$E_{m,i} = E_{m,f} \rightarrow E_{c,i} + U_i = E_{c,f} + U_f \rightarrow \Delta E_c = -\Delta U.$$

Por consiguiente, para obtener la variación de la energía cinética de la carga deberemos calcular la variación de su energía potencial:

$$\Delta U = k \frac{q_1 q_2}{r_f} - k \frac{q_1 q_2}{r_i}.$$

En nuestro problema tenemos $r_f = 1 \text{ m}$ y $r_i = 2 \text{ m}$, así que sustituyendo obtenemos

$$\Delta U = -4495 \text{ J}.$$

Como la carga negativa es colocada inicialmente en reposo, su energía cinética inicial será cero, de modo que su energía cinética en el punto (1,0) será igual al incremento de energía cinética:

$$E_f = \Delta E_c = -\Delta U = 4495 \text{ J}.$$

Ejercicio 4. Un rayo de luz se propaga en el interior de una fibra óptica de cuarzo rodeada de aire. Calcular el ángulo de incidencia mínimo con el que debe llegar a la interfaz cuarzo-aire para que

experimente un fenómeno de reflexión interna total de modo que pueda seguir propagándose por el interior de la fibra sin experimentar ninguna atenuación. (2 puntos)

Datos: Índice de refracción del aire: $n_{\text{aire}} = 1,000$; índice de refracción del cuarzo: $n_{\text{cuarzo}} = 1,458$.

Solución

La ley de Snell de la refracción relaciona los ángulos de incidencia y refracción para un rayo de luz que pasa de un medio a otro:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 .$$

En nuestro problema tenemos que el medio 1 es cuarzo y el medio 2 aire, y queremos conocer el mínimo valor de θ_1 para que se de el fenómeno de reflexión interna total. Despejando tenemos:

$$\sin \theta_1 = \frac{n_2}{n_1} \sin \theta_2 .$$

Para que se dé la reflexión interna total el ángulo de refracción debe ser de 90° . Por lo tanto

$$\theta_{\text{incidencia}} = \arcsen \left(\frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{cuarzo}}} \sin 90^\circ \right) = 43.3^\circ .$$

Con ángulos de incidencia mayores que éste no existe rayo refractado, toda la energía se refleja.

OPCIÓN B:

Ejercicio 1. Un proyectil es lanzado verticalmente desde la superficie de la Tierra con una velocidad inicial v_0 . Si suponemos que esta velocidad es mayor que la velocidad de escape, el proyectil se alejará indefinidamente de la Tierra tendiendo a alcanzar una velocidad constante. Despreciando cualquier tipo de resistencia, calcular esta velocidad límite en función de v_0 , de la constante G de la gravitación, y del radio y masa terrestre, R_T y M_T . (2 puntos)

Solución

Esta velocidad se alcanzará en el límite de distancias muy grandes ($r \rightarrow \infty$) en el que la energía potencial se anula $U(r \rightarrow \infty) = 0$. Como el campo gravitatorio es un campo conservativo podemos aplicar el principio de conservación de la energía mecánica:

$$E_{c,i} + U_i = E_{c,f} + U_f$$
$$\frac{1}{2}mv_0^2 - G \frac{M_T m}{R_T} = \frac{1}{2}mv_f^2 + 0$$

Despejando obtenemos la solución del ejercicio

$$v_f = \sqrt{v_0^2 - \frac{2GM_T}{R_T}}$$

Ejercicio 2. Supongamos que tenemos un muelle de constante elástica 35 N m^{-1} situado horizontalmente sobre una mesa que no tiene rozamiento. Se fija uno de los extremos del muelle a la pared mientras que en el otro extremo se sitúa una masa de 50 g . Si tiramos de la masa estirando el muelle 4 cm y la soltamos, el objeto describirá un movimiento armónico simple alrededor de la posición de equilibrio.

a) Obtener la expresión de la aceleración del movimiento alrededor de la posición de equilibrio. (2 puntos)

b) Calcular como varía la energía mecánica del sistema en función del tiempo. (1 punto)

Solución

La aceleración de un movimiento armónico simple tiene la forma

$$a(t) = -\omega^2 x(t),$$

donde la posición viene dada por la ecuación

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi).$$

Ahora sólo tenemos que obtener las variables de la ecuación a partir de los datos del problema. La velocidad angular será:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 26,46 \text{ s}^{-1},$$

mientras que la amplitud A vale $0,04 \text{ m}$. Por último, para obtener la constante de fase φ sabemos que en el instante inicial $t = 0$ la masa se encuentra en la posición de máxima elongación, esto es

$$x(t = 0) = A \cos(\varphi) = A \rightarrow \varphi = 0.$$

Por lo tanto, la ecuación del movimiento será

$$x(t) = 0,04 \cos(26,46t) \text{ m}$$

y la de la aceleración:

$$a(t) = -28 \cos(26,46t) \text{ m/s}^2$$

Por tratarse de un movimiento armónico simple en el que no hay rozamiento, la energía mecánica se conserva de modo que no varía con el tiempo. Esta energía total vale:

$$E_{\text{total}} = \frac{1}{2} kA^2 = 0,028 \text{ J}.$$

Ejercicio 3. Un solenoide está formado por 500 espiras circulares de 2,5 cm de diámetro. El solenoide se encuentra situado en un campo magnético uniforme de 0,3 T con una dirección que coincide con el eje del solenoide. Supongamos que esta dirección viene dada por el eje Y y que el sentido del campo apunta hacia los valores de y positivos. Si el módulo del campo magnético disminuye uniformemente hasta hacerse nulo en 0,1s:

a) Calcular la fuerza electromotriz inducida (fem) en el solenoide. (2 puntos)

b) Indicar con un dibujo el sentido de la corriente inducida en el solenoide y justificar la respuesta. (1 punto)

Solución

Para calcular la fem inducida debemos aplicar la Ley de Faraday:

$$\xi = -N \frac{d\phi_m}{dt},$$

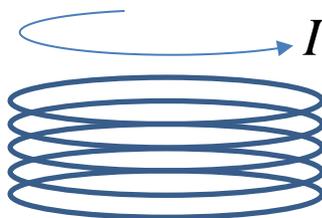
donde ϕ_m es el flujo magnético que atraviesa cada espira. Este flujo disminuye en el tiempo uniformemente, de modo que tenemos que:

$$\frac{d\phi_m}{dt} = \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = \frac{-0,3 \times \pi \times 0,0125^2}{0,1} = -1,47 \times 10^{-3} \text{ Wb s}^{-1}.$$

Ahora sólo tenemos que multiplicar por el número de espiras para obtener la fem total inducida:

$$\xi = -N \frac{d\phi_m}{dt} = 0,74 \text{ V}.$$

El sentido de la corriente inducida viene determinado por la ley de Lenz, que establece que tanto la fem como la corriente inducidas poseen una dirección y sentido tal que tienden a oponerse a la variación que las produce. En este caso la variación es una disminución del módulo del campo magnético, por lo que la corriente inducida debe ser tal que su efecto sea el de aumentar el campo magnético en la dirección y sentido que tenía inicialmente. Esto quiere decir que la corriente tendrá un sentido antihorario tal y como se muestra en el dibujo, de forma que genere un campo magnético en el interior del solenoide en la dirección del eje Y y sentido positivo (regla de la mano derecha).



Ejercicio 4. La masa del núcleo del isótopo de hierro Fe-56 ($A = 56$ y $Z = 26$) es $m_{\text{Fe-56}} = 55,9394 \text{ u}$. Determinar la energía de enlace del núcleo. (2 puntos)

Datos: $m_p = 1,00728 \text{ u}$; $m_n = 1,00867 \text{ u}$; $c^2 = 931,5 \text{ MeV/u}$.

Solución

La energía de enlace del núcleo vendrá dada por el defecto másico. En el caso del isótopo Fe-56 tendremos que su núcleo estará compuesto por 26 protones y 30 neutrones. Por lo tanto

$$\begin{aligned} E &= -\Delta m c^2 = (26 \times m_p + 30 \times m_n - m_{\text{Fe-56}}) c^2 \\ &= 0,50998 \text{ u} \times 931,5 \text{ MeV/u} = 475.05 \text{ MeV} \end{aligned}$$