CIUG COMISIÓN INTERUNIVERSITARIA DE GALICIA

Proba de Avaliación do Bacharelato para o Acceso á Universidade Código: 23

Convocatoria ordinaria 2022

FÍSICA

El examen consta de 8 preguntas de 2 puntos, de las que podrá responder un **MÁXIMO DE 5**, combinadas como quiera. Si responde más preguntas de las permitidas, **solo serán corregidas las 5 primeras respondidas.**

PREGUNTA 1. Responda indicando y justificando la opción correcta:
1.1. Una partícula cargada se mueve espontáneamente hacia puntos en los que el potencial electrostático aumenta. El signo de la carga eléctrica será: A) Negativo. B) Positivo. C) No se puede saber.
1.2. Cuando una onda armónica esférica se propaga en el espacio, su energía es: A) Inversamente proporcional a la frecuencia. B) Proporcional al cuadrado de la amplitud. C) Inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al foco emisor.

PREGUNTA 2. Responda indicando y justificando la opción correcta:
2.1. La imagen que se obtiene al situar un objeto delante de una lente divergente a una distancia igual al doble de la distancia focal es: A) Virtual, derecha, igual. B) Real, derecha, menor. C) Virtual, derecha, menor.
2.2. En la reacción $^{235}_{92}\mathrm{U}+^{1}_{0}\mathrm{n}\rightarrow ^{141}_{56}\mathrm{Ba}+^{A}_{Z}\mathrm{X}+3\,^{1}_{0}\mathrm{n}$, se cumple que: A) Es una fusión nuclear. B) Se pone en juego una gran cantidad de energía correspondiente al defecto de masa. C) Al elemento X le corresponde el número atómico 36 y el número másico 94.

PREGUNTA 3. Responda indicando y justificando la opción correcta:
3.1. La fuerza electromotriz inducida en un circuito tiende: A) A disminuir el flujo magnético que atraviesa el circuito. B) A aumentar el flujo magnético que atraviesa el circuito. C) Pueden ser correctas las dos opciones anteriores.
3.2. Un astronauta viaja en una nave espacial con velocidad constante $\overline{\boldsymbol{v}}$ respecto a un observador que está en reposo en la Tierra. El astronauta mide la longitud l (que coincide con la dirección de $\overline{\boldsymbol{v}}$) y la altura h de la nave. Las medidas de la longitud l' y altura h' que hace el terrícola serán: A) $l'<l$ y $h' <h$. B) $l'<l$ y $h'=h$. C) $l'>l$ y $h' >h$.

PREGUNTA 4. Desarrolle esta práctica:
En el laboratorio de física se monta un experimento para determinar el índice de refracción de una lámina de vidrio haciendo incidir rayos de luz con distintos ángulos de incidencia θ_1 y midiendo en cada caso el ángulo de refracción θ_2.

θ_1(°)	18	24	32	40	50
θ_2(°)	12	15	20	25	30

A) ¿En qué ley física nos basaremos para hacerlo?
b) Determine el índice de refracción de la lámina a partir de los datos experimentales mostrados en la tabla.

PREGUNTA 5. Resuelva este problema:
El período de Júpiter en su órbita alrededor del Sol es aproximadamente 12 veces mayor que el de la Tierra en su correspondiente órbita. Considerando circulares las órbitas de los dos planetas, determine: A) La relación entre los radios de dichas órbitas. b) La relación entre las aceleraciones de los dos planetas en sus respectivas órbitas.

PREGUNTA 6. Resuelva este problema:
Una partícula de masa 8 ng y carga eléctrica –2 μC entra en una región del espacio en la que hay un campo magnético $\overline{\boldsymbol{B}} = 3\,\overline{\mathbf{j}}$ T, con una velocidad $\overline{\boldsymbol{v}} = 6\,\overline{\mathbf{i}}$ km·s⁻¹. Calcule: A) La velocidad angular con que se mueve. b) La intensidad de campo eléctrico (vector) que se debe aplicar para que la partícula siga una trayectoria rectilínea.

PREGUNTA 7. Resuelva este problema:
En una célula fotoeléctrica, el cátodo se ilumina con una radiación de longitud de onda $\lambda = 3\times10^{-7}$ m. A) Estudie si la radiación produce efecto fotoeléctrico, considerando que el trabajo de extracción corresponde a una frecuencia de $7{,}0\times10^{14}$ Hz. b) Calcule la velocidad máxima de los electrones arrancados y la diferencia de potencial que hay que aplicar entre ánodo y cátodo para que se anule la corriente fotoeléctrica.
DATOS: $|q_e| = 1{,}6\times10^{-19}$ C; $m_e = 9{,}1\times10^{-31}$ kg; $c = 3\times10^{8}$ m·s^{-1}; $h = 6{,}63\times10^{-34}$ J·s.

PREGUNTA 8. Resuelva este problema:
La expresión matemática de una onda armónica transversal que se propaga por una cuerda tensa orientada según el eje x es: $y = 0{,}5$ sen $[2\pi\,(3t - x)]$ (unidades en el SÍ). Determine: A) Los valores de la longitud de onda, velocidad de propagación, velocidad y aceleración máximas de vibración de los puntos de la cuerda. b) La distancia mínima que separa dos puntos de la cuerda que en un mismo instante vibran desfasados 2π radianes.

Soluciones

1.1. Una partícula cargada se mueve espontáneamente hacia puntos en los que el potencial electrostático aumenta. El signo de la carga eléctrica será:
A) Negativo.
B) Positivo.
C) No se puede saber.

(A.B.A.U. ord. 22)

Solución: A

Una carga eléctrica se mueve en el interior de un campo electrostático en el sentido de disminuir su energía potencial.
La energía potencial electrostática de una carga q en un punto A es:

$$E_{pA} = q \cdot V_A$$

Si el potencial electrostático aumenta, para que la energía potencial electrostática disminuya, la carga tiene que ser negativa.
Si la carga fuese positiva, su energía potencial aumentaría cuando aumenta el potencial eléctrico.

$$\Delta E_p = q \cdot \Delta V$$

El campo eléctrico está dirigido en el sentido de los potenciales decrecientes. Por ejemplo, entre las placas de un condensador, el campo eléctrico va dirigido desde la placa positiva hacia la placa negativa, que es la que tiene el potencial más bajo.
Una carga negativa se movería hacia la placa positiva, que es la que tiene el potencial eléctrico más alto.

1.2. Cuando una onda armónica esférica se propaga en el espacio, su energía es:
A) Inversamente proporcional a la frecuencia.
B) Proporcional al cuadrado de la amplitud.
C) Inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al foco emisor.

(A.B.A.U. ord. 22)

Solución: B

La energía que transporta una onda material armónica unidimensional es la suma de la cinética y de potencial:

$$E = (E_c + E_p) = ½\ m \cdot v^2 + ½\ k \cdot x^2 = ½\ m \cdot v^2_m = ½\ k \cdot A^2$$

La ecuación de la onda armónica unidimensional es: $y = A \cdot \cos(\omega \cdot t \pm k \cdot x)$
Derivando con respecto al tiempo: $v = \mathrm{d}\, y / \mathrm{d}\, t = -A \cdot \omega \cdot \operatorname{sen}(\omega \cdot t \pm k \cdot x)$
Es máxima cuando $-\operatorname{sen}(\omega \cdot t \pm k \cdot x) = 1$, $v_m = A \cdot \omega$
Sustituyendo en la ecuación de la energía: $E = ½\ m \cdot v^2_m = ½\ m \cdot A^2 \cdot \omega^2$
Como la pulsación ω o frecuencia angular es proporcional a la frecuencia f: $\omega = 2\ \pi \cdot f$

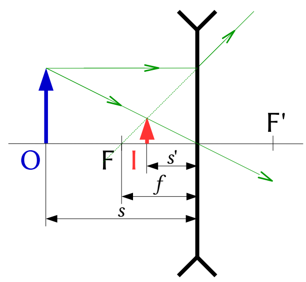
$$E = ½\ m \cdot A^2 \cdot \omega^2 = ½\ m \cdot A^2 (2\ \pi \cdot f)^2 = 2\ \pi^2\ m \cdot A^2 \cdot f^2$$

La energía que transporta una onda es proporcional a los cuadrados de la frecuencia y de la amplitud.

2.1. La imagen que se obtiene al situar un objeto delante de una lente divergente a una distancia igual al doble de la distancia focal es:
A) Virtual, derecha, igual.
B) Real, derecha, menor.
C) Virtual, derecha, menor.

(A.B.A.U. ord. 22)

Solución: C



Se dibuja un esquema de lente divergente (una línea vertical rematada por dos «ángulos» o puntas de flechas invertidas), y se sitúa el foco F a la izquierda de la lente.
Se dibuja, a su izquierda, una flecha vertical hacia arriba, que representa al objeto O.
Desde el punto superior del objeto se dibujan dos rayos:

- Uno, hacia el centro de la lente. La atraviesa sin desviarse.
- Otro, horizontal hacia la lente, que la atraviesa y se refracta.
  Se dibuja de forma que su prolongación pase por el foco de la izquierda F, un punto simétrico al foco F′.

Los rayos no se cortan. Se corta el rayo dirigido al centro de la lente con la prolongación del rayo refractado.
El punto de corte es el correspondiente a la punta de la imagen I. Se dibuja una flecha vertical en ese punto.
Análisis: La imagen es virtual, ya que se forma a la izquierda de la lente que es la zona donde se forman las imágenes virtuales en las lentes. Es derecha y más pequeña que el objeto.

2.2. En la reacción $^{235}_{92}\text{U} + ^{1}_{0}\text{n} \rightarrow ^{141}_{56}\text{Ba} + ^{A}_{Z}\text{X} + 3\,^{1}_{0}\text{n}$, se cumple que:
A) Es una fusión nuclear.
B) Se pone en juego una gran cantidad de energía correspondiente al defecto de masa.
C) Al elemento X le corresponde el número atómico 36 y el número másico 94.
(A.B.A.U. ord. 22)

Solución: B

En las reacciones nucleares se libera mucha energía que es equivalente al defecto de masa, según la ecuación de Einstein:

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

Las reacciones de fisión se producen al bombardear un núcleo pesado, uranio o plutonio, con neutrones térmicos, que se mueven a la velocidad adecuada para producir la fragmentación del núcleo en dos núcleos más pequeños y la emisión de dos o tres neutrones que producen una reacción en cadena (si no se controla).

Las otras opciones.
La) Falsa. Es una reacción de fisión. El núcleo de uranio se rompe en otros más pequeños al ser bombardeado con neutrones. Los neutrones que se desprenden provoca una reacción en cadena.
C) Falsa.

$$^{235}_{92}\text{U} + ^{1}_{0}\text{n} \rightarrow ^{141}_{56}\text{Ba} + ^{A}_{Z}\text{X} + 3\,^{1}_{0}\text{n}$$

Aplicando los principios de conservación del número bariónico (o número másico) y de la carga, queda:

$$235 + 1 = 141 + A + 3 \Longrightarrow A = 92$$

$$92 = 56 + Z \Longrightarrow Z = 36$$

El número atómico coincide, pero no el número másico.

3.1. La fuerza electromotriz inducida en un circuito tiende:
A) A disminuir el flujo magnético que atraviesa el circuito.
B) A aumentar el flujo magnético que atraviesa el circuito.
C) Pueden ser correctas las dos opciones anteriores.
(A.B.A.U. ord. 22)

Solución: C

La ley de Faraday-Lenz dice que se inducirá una corriente que se oponga a la variación de flujo a través de la espira. La f.e.m. de esa corriente será igual a la variación de flujo magnético respecto al tiempo.

$$\varepsilon = \frac{-\mathrm{d}\,\Phi}{\mathrm{d}\,t}$$

Si inducimos una corriente disminuyendo el número de líneas de campo magnético que atraviesan el circuito, la corriente inducida circulará en el sentido de oponerse a eso, aumentando el flujo.
Si lo que hacemos es aumentar el flujo magnético, la corriente inducida circulará en el sentido de oponerse a eso, disminuyendo el flujo.
En ambos casos se producirá corriente inducida.

3.2. Un astronauta viaja en una nave espacial con velocidad constante $\overline{\boldsymbol{v}}$ respecto a un observador que está en reposo en la Tierra. El astronauta mide la longitud l (que coincide con la dirección de $\overline{\boldsymbol{v}}$) y la altura h de la nave. Las medidas de la longitud l' y altura h' que hace el terrícola serán:
A) $l'<l$ y $h' <h$.
B) $l'<l$ y $h'=h$.
C) $l'>l$ y $h' >h$.

(A.B.A.U. ord. 22)

Solución: B

La teoría de la relatividad especial dice que la longitud de un objeto que se mueve a velocidades próximas las de la luz, medida desde otro sistema en reposo, es menor que la que mediría un observador situado en ese objeto que se mueve. La longitud l', medida desde el sistema en reposo, viene dada por la expresión:

$$l\,' = l \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Como el factor que contiene la raíz cuadrada es menor que 1, la longitud $l' < l$.
La contracción de la longitud afecta solo a la medida de la longitud que se mueve en la misma dirección, pero no a la de la altura, que es perpendicular a la dirección del movimiento.

4. En el laboratorio de física se monta un experimento para determinar el índice de refracción de una lámina de vidrio haciendo incidir rayos de luz con distintos ángulos de incidencia θ_1 y midiendo en cada caso el ángulo de refracción θ_2.

θ_1(°)	18	24	32	40	50
θ_2(°)	12	15	20	25	30

a) ¿En qué ley física nos basaremos para hacerlo?
b) Determina el índice de refracción de la lámina a partir de los datos experimentales mostrados en la tabla.

(A.B.A.U. ord. 22)

Solución:

DETERMINACIÓN DO ÍNDICE DE REFRACCIÓN DUN MEDIO en Prácticas: Orientacións xerais del *Grupo de Traballo.*

a) La ley de Snell puede resumirse en la ecuación:

$$n_\text{i} \cdot \text{sen } \varphi_\text{i} = n_\text{r} \cdot \text{sen } \varphi_\text{r}$$

Si el medio de incidente es el aire, n_i = 1, el índice de refracción del vidrio será

$$n_\text{r} = \frac{\text{sen } \varphi_\text{i}}{\text{sen } \varphi_\text{r}}$$

b) Se hace una tabla calculando los senos de los ángulos de incidente y refracción.

N.º exp.	φ_i/°	φ_r/°	sen φ_i	sen φ_r	$n_\text{r} = \frac{\text{sen } \varphi_\text{i}}{\text{sen } \varphi_\text{r}}$
1	18	12	0,309	0,208	1,49
2	24	15	0,407	0,259	1,57
3	32	20	0,530	0,342	1,55
4	40	25	0,643	0,423	1,52

5	50	30	0,766	0,500	1,53

El valor medio de los índices de refracción es:

$$n_r = 1{,}53$$

5. El período de Júpiter en su órbita alrededor del Sol es aproximadamente 12 veces mayor que el de la Tierra en su correspondiente órbita. Considerando circulares las órbitas de los dos planetas, determina:
   a) La relación entre los radios de dichas órbitas.
   b) La relación entre las aceleraciones de los dos planetas en sus respectivas órbitas.

   (A.B.A.U. ord. 22)

   Rta.: A) $r_2 / r_1 = 5{,}2$; b) $a_2/a_1 = 0{,}036$.

Datos	***Cifras significativas: 2***
Período de Júpiter en su órbita alrededor del Sol	$T_2 = 12\ T_1$
Incógnitas	
Relación entre los radios de las órbitas de Júpiter y de la Tierra	r_2 / r_1
Relación entre las aceleraciones en sus respectivas órbitas.	a_2 / a_1
Otros símbolos	
Período de la Tierra alrededor del Sol	T_1
Masa del Sol	M
Distancias de Júpiter (2) y de la Tierra (1) al Sol	r_2, r_1
Aceleraciones de Júpiter (2) y de la Tierra (1) en sus respectivas órbitas.	a_2, a_1
Constante de la gravitación universal	G
Ecuaciones	
Ley de Newton de la gravitación universal (fuerza que ejerce un planeta esférico sobre un cuerpo puntual)	$\vec{F}_G = -G \frac{M \cdot m}{r^2} \vec{u}_r$
2.ª ley de Newton de la Dinámica	$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$
Velocidad lineal en un movimiento circular uniforme de radio r y período T	$v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$
Aceleración normal de un objeto que se mueve con una velocidad lineal, v, en una trayectoria circular de radio r	$a_N = \frac{v^2}{r}$

Solución:

La tercera ley de Kepler dice que los cuadrados de los períodos, T, de los planetas en su movimiento alrededor del Sol, son directamente proporcionales a los cubos de los semiejes mayores de sus órbitas elípticas.
Si se hace la aproximación de que las órbitas son prácticamente circulares de radio r, la expresión matemática de esta ley sería:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$$

Esto se puede demostrar para órbitas circulares.
La fuerza gravitatoria, $\vec{F}_G$, que ejerce un astro de masa M sobre un satélite de masa m que gira a su alrededor en una órbita de radio r, es una fuerza central, está dirigida hacia el astro, y se rige por la ley de Newton de la gravitación universal:

$$\vec{F}_G = -G \frac{M \cdot m}{r^2} \vec{u}_r$$

En esta expresión, G es la constante de la gravitación universal, y $\vec{u}_r$, el vector unitario en la dirección de la línea que une el astro con el satélite. En módulos:

$$F_G = G \frac{M \cdot m}{r^2}$$

En muchos casos la trayectoria del satélite es prácticamente circular alrededor del centro del astro. Como la fuerza gravitatoria es una fuerza central, la aceleración solo tiene componente normal, a_N. Al no tener aceleración tangencial, el módulo, v, de la velocidad lineal es constante y el movimiento es circular uniforme.

La aceleración normal, en un movimiento circular uniforme de radio r, se obtiene de la expresión:

$$a_N = \frac{v^2}{r}$$

Como la fuerza gravitatoria que ejerce el astro sobre el satélite es mucho mayor que cualquier otra, se puede considerar que es la única fuerza que actúa.

$$\Sigma \overline{\boldsymbol{F}} = \overline{\boldsymbol{F}}_G$$

La 2.ª ley de Newton dice que la fuerza resultante sobre un objeto produce una aceleración directamente proporcional a la fuerza, siendo su masa, m, la constante de proporcionalidad.

$$\Sigma \overline{\boldsymbol{F}} = m \cdot \overline{\boldsymbol{a}}$$

Expresada para los módulos, queda:

$$\left|\sum \vec{\boldsymbol{F}}\right| = m \cdot |\vec{\boldsymbol{a}}|$$

$$F_G = m \cdot a_N$$

Sustituyendo la expresión del módulo, F_G, de la fuerza gravitatoria, queda:

$$G\frac{M \cdot \cancel{m}}{r^{\cancel{2}}} = \cancel{m}\frac{v^2}{\cancel{r}}$$

Despejando la velocidad orbital del satélite, queda:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$$

La velocidad en un movimiento circular uniforme de radio r y período T es:

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$$

Igualando esta expresión con la anterior y elevando al cuadrado queda:

$$\left(\frac{2\pi \cdot r}{T}\right)^2 = \frac{G \cdot M}{r}$$

Agrupando términos:

$$4\,\pi^2 \cdot r^3 = G \cdot M \cdot T^2$$

Para dos planetas, 1 y 2, se dividen las expresiones correspondientes:

$$\frac{\cancel{4\pi^2} \cdot r_1^3}{\cancel{4\pi^2} \cdot r_2^3} = \frac{\cancel{G \cdot M} \cdot T_1^2}{\cancel{G \cdot M} \cdot T_2^2}$$

a) Se sustituye el dato:

$$\frac{r_2^3}{r_1^3} = \frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{(12\,T_1)^2}{T_1^2} = \frac{144\,\cancel{T_1^2}}{\cancel{T_1^2}} = 144$$

$$\frac{r_2}{r_1} = \sqrt[3]{144} = 5{,}2$$

Análisis: El radio de la órbita de Júpiter es mayor que el de la Tierra, como era de esperar.

b) De la ley de la gravitación universal y de la 2.ª ley de dinámica, ambas de Newton, se puede establecer una relación entre la aceleración, a, de un planeta en su órbita, y su distancia, r, al Sol.

$$F_G = G\frac{M \cdot m}{r^2} = m \cdot a$$

Se despeja la aceleración:

$$a=\frac{F_G}{m}=\frac{G\frac{M\cancel{m}}{r^2}}{\cancel{m}}=\frac{G M}{r^2}$$

Se dividen las expresiones de Júpiter (2) y de la Tierra (1):

$$\frac{a_2}{a_1}=\frac{\frac{\cancel{GM}}{r_2^2}}{\frac{\cancel{GM}}{r_1^2}}=\frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Se sustituye el resultado del apartado anterior:

$$\frac{a_2}{a_1}=\frac{r_1^2}{r_2^2}=\frac{1}{5{,}2^2}=0{,}036$$

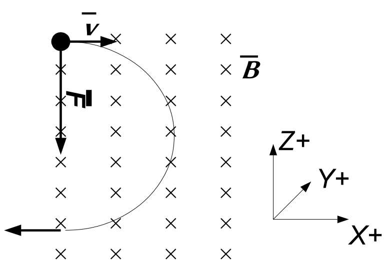
6. Una partícula de masa 8 ng y carga eléctrica −2 μC entra en una región del espacio en la que hay un campo magnético $\overline{\boldsymbol{B}}$ = 3 $\overline{\mathbf{j}}$ T, con una velocidad $\overline{\boldsymbol{v}}$ = 6 $\overline{\mathbf{i}}$ km·s⁻¹. Calcula:
   a) La velocidad angular con que se mueve.
   b) La intensidad de campo eléctrico (vector) que se debe aplicar para que la partícula siga una trayectoria recta.

(A.B.A.U. ord. 22)

Rta.: a) ω = 7,5·10⁵ rad/s; b) $\overline{\boldsymbol{E}}$ = −1,80·10⁴ $\overline{\mathbf{k}}$ N/C.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Masa de la partícula	m = 8,00 ng = 8,00·10⁻¹² kg
Carga de la partícula	q = −2,00 μ C = −2,00·10⁻⁶ C
Intensidad del campo magnético	$\overline{\boldsymbol{B}}$ = 3,00 $\overline{\mathbf{j}}$ T
Velocidad de la partícula	$\overline{\boldsymbol{v}}$ = 6,00·10³ $\overline{\mathbf{i}}$ m/s
Radio de la trayectoria circular	R = 1,00·10⁻⁷ m
Incógnitas	
Velocidad angular	ω
Vector campo eléctrico para que la partícula siga una trayectoria recta	$\overline{\boldsymbol{E}}$
Otros símbolos	
Radio de la trayectoria circular	R
Valor de la fuerza magnética sobre la partícula	F_B
Vector fuerza eléctrica sobre la partícula	$\overline{\boldsymbol{F}}_E$
Ecuaciones	
Ley de Lorentz: fuerza magnética sobre una carga, q, que se desplaza en el interior de un campo magnético, $\overline{\boldsymbol{B}}$, con una velocidad, $\overline{\boldsymbol{v}}$	$\overline{\boldsymbol{F}}_B = q\,(\overline{\boldsymbol{v}} \times \overline{\boldsymbol{B}})$
Aceleración normal (en un movimiento circular de radio R)	$a_N=\frac{v^2}{R}$
2.ª ley de Newton de la Dinámica	$\Sigma\overline{\boldsymbol{F}} = m \cdot \overline{\boldsymbol{a}}$
Velocidad en un movimiento circular uniforme de radio R	$v=\frac{2\pi \cdot R}{T}$
Fuerza $\overline{\boldsymbol{F}}_E$ ejercida por un campo electrostático $\overline{\boldsymbol{E}}$ sobre una carga q	$\overline{\boldsymbol{F}}_E = q \cdot \overline{\boldsymbol{E}}$
Relación entre la velocidad lineal v y la velocidad angular ω en un movimiento circular de radio R.	$v = \omega \cdot R$

Solución:



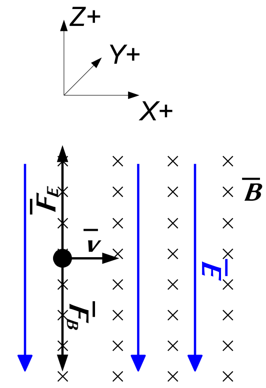
a) Como solo actúa la fuerza magnética, que es perpendicular a la velocidad, la partícula describe una trayectoria circular con velocidad de valor constante, por lo que la aceleración solo tiene componente normal a_N.

$$F_B=m \cdot a=m \cdot a_N=m\frac{v^2}{R}$$

Usando la expresión de la ley de Lorentz (en módulos) para la fuerza magnética:

$$|q| \cdot B \cdot v \cdot \operatorname{sen} \varphi = m \frac{v^2}{R}$$

Si la partícula entra perpendicularmente al campo magnético, sen φ = 1.
Despejando el radio:



$$R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B} = \frac{8{,}00 \cdot 10^{-12} \text{ [kg]} \cdot 6{,}00 \cdot 10^3 \text{ [m/s]}}{2{,}00 \cdot 10^{-6} \text{ [C]} \cdot 3{,}00 \text{ [T]}} = 8{,}00 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 8{,}00 \text{ mm}$$

Puede calcularse la velocidad angular a partir de la velocidad lineal:

$$v = \omega \cdot R \Rightarrow \omega = \frac{v}{R} = \frac{6{,}00 \cdot 10^3 \text{ [m/s]}}{8{,}00 \cdot 10^{-3} \text{ [m]}} = 7{,}50 \cdot 10^5 \text{ rad/s}$$

b) Si la fuerza eléctrica anula la magnética,

$$\overline{\boldsymbol{F}}_B + \overline{\boldsymbol{F}}_E = q\,(\overline{\boldsymbol{v}} \times \overline{\boldsymbol{B}}) + q \cdot \overline{\boldsymbol{E}} = \overline{\boldsymbol{0}}$$

$$\overline{\boldsymbol{E}} = -(\overline{\boldsymbol{v}} \times \overline{\boldsymbol{B}}) = -(6{,}00 \cdot 10^3\ \overline{\mathbf{i}} \text{ [m/s]} \times 3{,}00\ \overline{\mathbf{j}} \text{ [T]}) = -1{,}80 \cdot 10^4\ \overline{\mathbf{k}} \text{ N/C}$$

7. En una célula fotoeléctrica, el cátodo se ilumina con una radiación de longitud de onda λ = 3×10⁻⁷ m.
   a) Estudia si la radiación produce efecto fotoeléctrico, considerando que el trabajo de extracción corresponde a una frecuencia de 7,0×10¹⁴ Hz.
   b) Calcula la velocidad máxima de los electrones arrancados y la diferencia de potencial que hay que aplicar entre ánodo y cátodo para que se anule la corriente fotoeléctrica.
   DATOS: $|q_e|$ = 1,6×10⁻¹⁹ C; m_e = 9,1×10⁻³¹ kg; c = 3×10⁸ m·s⁻¹; h = 6,63×10⁻³⁴ J·s. *(A.B.A.U. ord. 22)*
   Rta.: b) v = 6,6·10⁵ m/s; V = 1,24 V.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Longitud de onda de la radiación	$\lambda = 3{,}00 \cdot 10^{-7}$ m
Frecuencia a la que corresponde el trabajo de extracción del metal	$f = 7{,}00 \cdot 10^{14}$ Hz
Constante de Planck	$h = 6{,}62 \cdot 10^{-34}$ J·s
Velocidad de la luz en el vacío	$c = 3{,}00 \cdot 10^8$ m/s
Carga del electrón	$q_e = -1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C
Masa del electrón	$m_e = 9{,}10 \cdot 10^{-31}$ kg
Incógnitas	
Trabajo de extracción	W_e
Energía de la radiación	E_f
Velocidad máxima con la que son emitidos los electrones	E_c
Potencial de frenado	V
Ecuaciones	
Ecuación de Planck (energía del fotón)	$E_f = h \cdot f$
Ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico	$E_f = W_e + E_c$
Relación entre la frecuencia de una onda luminosa y su longitud de onda	$c = f \cdot \lambda$
Energía cinética	$E_c = ½\, m \cdot v^2$
Relación entre la energía cinética de los electrones y el potencial de frenado	$E_c = \|e\| \cdot V$

Solución:

a) Se emplea la relación entre el trabajo de extracción, W_e, y la frecuencia umbral, f_0.
En la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico se sustituye la energía del fotón por su equivalente en la ecuación de Planck:

$$\left.\begin{array}{l} E_f = W_e + E_c \\ E_f = h \cdot f \end{array}\right\} h \cdot f = W_e + E_c$$

La radiación que tenga la frecuencia umbral tendrá la energía estrictamente necesaria para arrancar el electrón, pero no sobrará nada para comunicarle energía cinética.

$$h \cdot f_0 = W_e + 0$$

La relación entre la frecuencia umbral y el trabajo de extracción es:

$$W_e = h \cdot f_0$$

$$W_e = h \cdot f_0 = 6{,}62 \cdot 10^{-34}\ [\text{J·s}] \cdot 7{,}00 \cdot 10^{14}\ [\text{s}^{-1}] = 4{,}63 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

Se calcula la frecuencia de la con la relación entre la longitud de onda y la frecuencia:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3{,}00 \cdot 10^{8}\ [\text{m·s}^{-1}]}{3{,}00 \cdot 10^{-7}\ [\text{m}]} = 1{,}00 \cdot 10^{15}\ \text{Hz}$$

Con la ecuación de Planck, $E_f = h \cdot f$, se calcula la energía de la radiación incidente:

$$E_f = h \cdot f = 6{,}62 \cdot 10^{-34}\ [\text{J·s}] \cdot 1{,}00 \cdot 10^{15}\ [\text{s}^{-1}] = 6{,}62 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

Se ve que es mayor que el trabajo de extracción, y, por lo tanto, produce efecto fotoeléctrico.

b) Para calcular la velocidad máxima de los electrones arrancados hay que calcular antes la energía cinética máxima de los electrones emitidos, a partir de la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_c = E_f - W_e = 6{,}62 \cdot 10^{-19}\ [\text{J}] - 4{,}63 \cdot 10^{-19}\ [\text{J}] = 1{,}99 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

Ahora se calcula la velocidad:

$$E_c = ½\ m \cdot v^2 \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2\,E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}99 \cdot 10^{-19}\ [\text{J}]}{9{,}1 \cdot 10^{-31}\ [\text{kg}]}} = 6{,}60 \cdot 10^{5}\ \text{m/s}$$

Se calcula el potencial de frenado en la ecuación que lo relaciona con la energía cinética:

$$E_c = |e| \cdot V \Rightarrow \quad V = \frac{E_c}{|e|} = \frac{1{,}99 \cdot 10^{-19}\ [\text{J}]}{1{,}60 \cdot 10^{-19}\ [\text{C}]} = 1{,}24\ \text{V}$$

8. La expresión matemática de una onda armónica transversal que se propaga por una cuerda tensa orientada según el eje x es: $y = 0{,}5$ sen $[2\pi\,(3t - x)]$ (unidades en el SÍ). Determina:
   a) Los valores de la longitud de onda, velocidad de propagación, velocidad y aceleración máximas de vibración de los puntos de la cuerda.
   b) La distancia mínima que separa dos puntos de la cuerda que en un mismo instante vibran desfasados 2π radianes.

   (A.B.A.U. ord. 22)

   Rta.: a) $\lambda = 1$ m; $v_p = 3{,}00$ m·s⁻¹; $v_m = 9{,}42$ m/s; $a_m = 177$ m/s²; b) $\Delta x = \lambda = 1$ m.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Ecuación de la onda	$y = 0{,}500 \cdot \text{sen}[2\,\pi(3{,}00 \cdot t - x)]$ [m]
Incógnitas	
Longitud de onda	λ
Velocidad de propagación	v_p
Velocidad máxima	v_m
Aceleración máxima	a_m
Distancia mínima entre dos puntos desfasados 2π radianes	Δx
Otros símbolos	
Posición del punto (distancia al foco)	x
Ecuaciones	
Ecuación de una onda armónica unidimensional	$y = A \cdot \text{sen}(\omega \cdot t \pm k \cdot x)$
Número de onda	$k = 2\,\pi / \lambda$
Relación entre la frecuencia angular y la frecuencia	$\omega = 2\,\pi \cdot f$
Relación entre la longitud de onda y la velocidad de propagación	$v_p = \lambda \cdot f$

Solución:

a) La frecuencia angular y el número de onda se obtienen comparando la ecuación de una onda armónica unidimensional con la ecuación del problema:

$$y = A \cdot \text{sen}(\omega \cdot t \pm k \cdot x)$$

$$y = 0{,}500 \cdot \text{sen}[2\,\pi(3{,}00 \cdot t - x)] = 0{,}500 \cdot \text{sen}(6{,}00\,\pi \cdot t - 2\,\pi\,x)$$

Frecuencia angular: $\omega = 6{,}00\,\pi = 18{,}8$ rad·s⁻¹

Número de onda: $k = 2{,}00\,\pi = 6{,}28$ rad·m⁻¹

Se calcula la longitud de onda a partir del número de onda:

$$k=\frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda=\frac{2\pi}{k} = \frac{2\cdot 3{,}14\ [\mathrm{rad}]}{2{,}00\cdot 3{,}14\ [\mathrm{rad\cdot m^{-1}}]}=1{,}00\ \mathrm{m}$$

Se calcula la frecuencia a partir de la frecuencia angular:

$$\omega=2\pi\cdot f \Rightarrow f=\frac{\omega}{2\pi} = \frac{18{,}8\ [\mathrm{rad\cdot s^{-1}}]}{2\cdot 3{,}14\ [\mathrm{rad}]}=0{,}100\ \mathrm{s^{-1}}=3{,}00\ \mathrm{Hz}$$

Se calcula la velocidad de propagación de la onda a partir de la longitud de onda y de la frecuencia:

$$v_p = \lambda \cdot f = 1{,}00\ [\mathrm{m}] \cdot 3{,}00\ [\mathrm{s^{-1}}] = 3{,}00\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

El signo opuesto de los términos en x y t indica que la onda se propaga en sentido positivo del eje X.

La velocidad de vibración de los puntos de la cuerda se obtiene derivando la ecuación de movimiento con respecto al tiempo:

$$v=\frac{\mathrm{d}\,y}{\mathrm{d}\,t}=\frac{\mathrm{d}\{0{,}0500\cdot \mathrm{sen}\,2\pi(3{,}00\cdot t-x)\}}{\mathrm{d}\,t}=0{,}0500\cdot 2\cdot\pi\cdot(3{,}00)\cdot\cos 2\pi(3{,}00\cdot t-x)\ [\mathrm{m/s}]$$

$$v = 3{,}00 \cdot \pi \cdot \cos 2\ \pi[2\ \pi\ (3{,}00 \cdot t - x)] = 9{,}42 \cdot \cos\ (6{,}00\ \pi \cdot t - 2\ \pi\ x)\ [\mathrm{m/s}]$$

La velocidad es máxima cuando $\cos(\varphi) = 1$

$$v_m = 9{,}42\ \mathrm{m/s}$$

La aceleración se obtiene derivando la velocidad con respecto al tiempo:

$$a=\frac{\mathrm{d}\,v}{\mathrm{d}\,t}=\frac{\mathrm{d}\{3{,}00\cdot\pi\cdot\cos 2\pi(3{,}00\cdot t-x)\}}{\mathrm{d}\,t}=3{,}00\cdot\pi\cdot(2\pi)\cdot(3{,}00)\cdot(-\mathrm{sen}\,2\pi(3{,}00\cdot t-x))\ [\mathrm{m/s^2}]$$

$$a = -18{,}00 \cdot \pi^2 \cdot \mathrm{sen}\ [2\ \pi\ (3{,}00 \cdot t - x)] = -177 \cdot \mathrm{sen}\ (6{,}00\ \pi \cdot t - 2\ \pi\ x)\ [\mathrm{m/s^2}]$$

La aceleración es máxima cuando $\mathrm{sen}(\varphi) = -1$

$$a_m = 177\ \mathrm{m/s^2}$$

b) En un instante t, la diferencia de fase entre dos puntos situados en x_1 y x_2 es:

$$\Delta\varphi = (6{,}00\ \pi \cdot t - 2\ \pi \cdot x_2) - (6{,}00\ \pi \cdot t - 2\ \pi \cdot x_1) = 2\ \pi \cdot \Delta x$$

Si la diferencia de fase es $2\ \pi$ rad

$$2\ \pi\ [\mathrm{rad/m}] \cdot \Delta x = 2\ \pi\ \mathrm{rad}$$

$$\Delta x=\frac{2\pi\ [\mathrm{rad}]}{2\pi\ [\mathrm{rad/m}]}=1{,}00\ \mathrm{m}$$

Análisis: Una diferencia de fase de $2\ \pi$ rad *corresponde a una distancia entre los puntos igual a la longitud de onda* $\lambda = 1{,}00$ m.

Cuestiones y problemas de las Pruebas de evaluación de Bachillerato para el acceso a la Universidad (A.B.A.U. y P.A.U.) en Galicia.
Respuestas y composición de Alfonso J. Barbadillo Marán.
Algunos cálculos se hicieron con una hoja de cálculo de LibreOffice del mismo autor.
Algunas ecuaciones y las fórmulas orgánicas se construyeron con la extensión CLC09 de Charles Lalanne-Cassou.
La traducción al/desde el gallego se realizó con la ayuda de *traducindote*, y del traductor de la CIXUG.
Se procuró seguir las recomendaciones del Centro Español de Metrología (CEM).
Se consultó al Copilot de Microsoft Edge y se tuvieron en cuenta algunas de sus respuestas en las cuestiones.

Actualizado: 16/07/24