

XULLO 2019

FÍSICA

Puntuación máxima: Cuestións 4 puntos (1 cada cuestión, teórica ou práctica). Problemas 6 puntos (1 cada apartado). Non se valorará a simple anotación dunha opción como solución ás cuestións. As respostas deben ser razoadas. O/A alumno/a elixirá unha das dúas opcións.

OPCIÓN A

C.1. A distancia focal dun sistema formado por unha lente converxente de 2 dioptrías e outra diverxente de 4,5 dioptrías é: A) 2,5 m. B) -0,65 m. C) -0,4 m.

C.2. As liñas de forza do campo eléctrico: A) Son pechadas. B) En cada punto son perpendiculares ás superficies equipotenciais. C) Poden cortarse.

C.3. Unha partícula de masa m e carga q penetra nunha rexión onde existe un campo magnético uniforme de módulo B perpendicular á velocidade v da partícula. O raio da órbita descrita: A) Aumenta se aumenta a enerxía cinética da partícula. B) Aumenta se aumenta a intensidade do campo magnético. C) Non depende da enerxía cinética da partícula.

C.4. Determina graficamente o índice de refracción dun vidro a partir da seguinte táboa de valores dos ángulos de incidencia, φ_i , e de refracción, φ_r , da luz. Estima a súa incerteza.

N.º exp.	1	2	3	4
$\varphi_i/^\circ$	10,0	20,0	30,0	40,0
$\varphi_r/^\circ$	6,5	13,5	20,3	25,5

P.1. Considera dúas masas de 2 kg e 4 kg fixas sobre o eixe X na orixe e a $x = 6$ m, respectivamente. Calcula: a) As coordenadas dun punto no que o campo gravitacional resultante valla cero. b) O potencial gravitacional en $x = 2$ m; c) O traballo realizado pola forza do campo gravitacional para levar unha masa de 6 kg desde ese punto ata o infinito. Interpreta o signo do resultado. DATO: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

P.2. Ilumínase un metal con luz monocromática dunha certa lonxitude de onda. Se o traballo de extracción é de $4,8 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ e o potencial de freado é de 2,0 V, calcula: a) A velocidade máxima dos electróns emitidos. b) A lonxitude de onda da radiación incidente. c) Representa graficamente a enerxía cinética máxima dos electróns emitidos en función da frecuencia da luz incidente. DATOS: $|q_e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

OPCIÓN B

C.1. O ${}_{90}^{232}\text{Th}$ desintégrese emitindo 6 partículas α e 4 partículas β , o que dá lugar a un isótopo estable do chumbo de número atómico: A) 82. B) 78. C) 74.

C.2. A expresión que relaciona a enerxía mecánica dun satélite que describe unha órbita circular arredor dun planeta e a súa enerxía potencial é: A) $E_m = -E_p$. B) $E_m = -\frac{1}{2} E_p$. C) $E_m = \frac{1}{2} E_p$.

C.3. Unha superficie plana separa dous medios de índices de refracción distintos n_1 e n_2 . Un raio de luz incide desde o medio de índice n_1 . Razona cal das afirmacións seguintes é verdadeira: A) O ángulo de incidencia é maior que o ángulo de reflexión. B) Os ángulos de incidencia e de refracción son sempre iguais. C) Se $n_1 < n_2$ non se produce reflexión total.

C.4. Na práctica de óptica xeométrica traballas con lentes converxentes e obtés imaxes nunha pantalla variando a distancia entre o obxecto e a lente. Xustifica con diagramas de raios os casos nos que non obtés imaxes na pantalla.

P.1. Un electrón acelérase desde o repouso mediante unha diferenza de potencial de $1,0 \cdot 10^3 \text{ V}$, penetrando a continuación, perpendicularmente, nun campo magnético uniforme de 0,20 T. Calcula: a) A velocidade do electrón ao entrar no campo magnético. b) O raio da traxectoria do electrón. c) O módulo, a dirección e o sentido do campo eléctrico uniforme necesario para que o electrón non experimente desviación ao seu paso pola rexión na que existen o campo eléctrico e o magnético. DATOS: $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

P.2. Nunha corda propágase unha onda dada pola ecuación $y(x, t) = 0,04 \sin 2\pi(2x - 4t)$, onde as lonxitudes exprésanse en metros e o tempo en segundos. Calcula: a) A frecuencia, o número de onda, a lonxitude de onda e a velocidade de propagación da onda. b) A diferenza de fase, nun instante determinado, entre dous puntos da corda separados 1 m e comproba se devanditos puntos están en fase ou en oposición. c) Os módulos da velocidade e aceleración máximas de vibración dos puntos da corda.

Solucións

OPCIÓN A

- C.1. A distancia focal dun sistema formado por unha lente converxente de 2 dioptrías e outra diverxente de 4,5 dioptrías é:
- A) 2,5 m.
 - B) -0,65 m.
 - C) -0,4 m.

(A.B.A.U. extr. 19)

Solución: C

Como non dan a distancia entre as lentes, supoño que están unidas. Nese caso:

$$P = P_1 + P_2 = 2 + (-4,5) = -2,5 \text{ dioptrías}$$

$$P = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{1}{P} = \frac{1}{-2,5 [\text{m}^{-1}]} = -0,4 \text{ m}$$

- C.2. As liñas de forza do campo eléctrico:
- A) Son pechadas.
 - B) En cada punto son perpendiculares ás superficies equipotenciais.
 - C) Poden cortarse.

(A.B.A.U. extr. 19)

Solución: B

As superficies equipotenciais son aquelas formadas polos puntos nos que o potencial eléctrico vale o mesmo. Se o campo eléctrico non fose perpendicular á superficie, tería unha compoñente paralela a ela e, ao colocar unha carga eléctrica nun punto da superficie sufriría unha forza e desprazárase. Pero isto non ocorre porque as cargas só se desprazan se hai unha diferenza de potencial, que non é o caso.

As outras opcións.

A. Falsa. As liñas de forza dun campo electrostático xorden das cargas positivas (fontes) e terminan nas cargas negativas (sumidoiros). Son abertas.

C. Falsa. Por definición, as liñas de forza débúxanse de forma que o campo eléctrico sexa tanxente a elas en cada punto. O campo eléctrico nun punto é único. Se as liñas de forza cortásense, habería dúas tanxentes e dous vectores de campo eléctrico.

- C.3. Unha partícula de masa m e carga q penetra nunha rexión onde existe un campo magnético uniforme de módulo B perpendicular á velocidade v da partícula. O raio da órbita descrita:
- A) Aumenta se aumenta a enerxía cinética da partícula.
 - B) Aumenta se aumenta a intensidade do campo magnético.
 - C) Non depende da enerxía cinética da partícula.

(A.B.A.U. extr. 19)

Solución: B

A forza magnética, \vec{F}_B , sobre unha carga, q , que se despraza no interior dun campo magnético, \vec{B} , cunha velocidade, \vec{v} , vén dada pola lei de Lorentz:

$$\vec{F}_B = q (\vec{v} \times \vec{B})$$

Esta forza é perpendicular en todos os puntos á dirección de avance da partícula, polo que describe traxectoria circular con velocidade de valor constante xa que a aceleración só ten compoñente normal a_N .

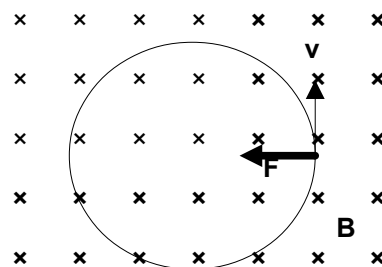
Se só actúa a forza magnética:

$$\Sigma \vec{F} = \vec{F}_B$$

Aplicándoa 2.^a lei de Newton:

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

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



Usando a expresión da lei de Lorentz (en módulos) para a forza magnética quedaría:

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

Se as partículas entran perpendicularmente ao campo, sen $\varphi = 1$.

Despexando o raio, R:

$$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

Se aumenta a enerxía cinética, aumenta a velocidade e, como se ve na ecuación anterior, aumenta tamén o raio da traxectoria.

	N.º exp.	1	2	3	4
C.4. Determina graficamente o índice de refracción dun vidro a partir da seguinte táboa de valores dos ángulos de incidencia, φ_i , e de refracción, φ_r , da luz. Estima a súa incerteza.	$\varphi_i / ^\circ$	10,0	20,0	30,0	40,0
	$\varphi_r / ^\circ$	6,5	13,5	20,3	25,5
	(A.B.A.U. extr. 19)				

Solución:

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

A lei de Snell pode resumirse na ecuación:

$$n_i \cdot \sin \varphi_i = n_r \cdot \sin \varphi_r$$

Se o medio de incidencia é o aire, $n_i = 1$, o índice de refracción do vidro será

$$n_r = \frac{\sin \varphi_i}{\sin \varphi_r}$$

Se se fai unha representación gráfica de $\sin \varphi_r$ fronte a $\sin \varphi_i$, a pendente da gráfica será a inversa do índice de refracción.

$$\sin \varphi_r = (1 / n_r) \cdot \sin \varphi_i$$

Faise unha táboa calculando os senos dos ángulos de incidencia e refracción.

N.º exp.	$\varphi_i / ^\circ$	$\varphi_r / ^\circ$	$\sin \varphi_i$	$\sin \varphi_r$
1	10	6,5	0,174	0,113
2	20	13,5	0,342	0,233
3	30	20,3	0,500	0,347
4	40	25,5	0,643	0,431

Nunha folla de cálculo represéntanse nunha gráfica $\sin \varphi_r$ fronte a $\sin \varphi_i$ e trázase a liña de tendencia que pasa pola orixe de coordenadas.

A inversa da pendente será o índice de refracción:

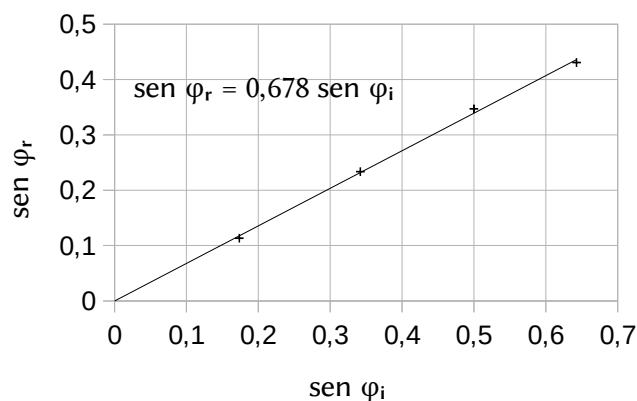
$$n_r = \frac{\sin \varphi_i}{\sin \varphi_r} = \frac{1}{0,678} = 1,47$$

A incerteza depende da incerteza das medidas (medio grao?) e do cálculo. O máis sinxelo é poñelo en función das cifras significativas.

$$n_r = 1,47 \pm 0,01$$

Se non se ten unha folla de cálculo trázase a ollo a recta polos puntos. Nese caso a incerteza vai ser moito maior.

$$n_r = 1,5 \pm 0,1$$



P.1. Considera dúas masas de 2 kg e 4 kg fixas sobre o eixe X na orixe e a $x = 6$ m, respectivamente. Calcula:

- As coordenadas dun punto no que o campo gravitacional resultante valla cero
- O potencial gravitacional en $x = 2$ m.
- O traballo realizado pola forza do campo gravitacional para levar unha masa de 6 kg desde ese punto ata o infinito. Interpreta o signo do resultado.

DATO: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

(A.B.A.U. extr. 19)

Rta.: a) $x = 2,5$ m; b) $V = -1,3 \cdot 10^{-10} \text{ J/kg}$; c) $W = -8,0 \cdot 10^{-10} \text{ J}$.

Datos

Masa na orixe
Masa no eixo X
Coordenada x da masa na orixe
Coordenada x da masa no eixo X
Coordenada x para calcular o potencial
Masa que se leva ao infinito
Constante da gravitación universal

Cifras significativas: 3

$M_0 = 2,00 \text{ kg}$
 $M_1 = 4,00 \text{ kg}$
 $x_0 = 0 \text{ m}$
 $x_1 = 6,00 \text{ m}$
 $x_2 = 2,00 \text{ m}$
 $m = 6,00 \text{ kg}$
 $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

Incógnitas

Coordenadas dun punto no que o campo gravitacional resultante valla cero
Potencial gravitacional en $x = 2$ m
Traballo da forza do campo para levar 6 kg desde $x = 2$ m ata o infinito

x, y
 V_2
 W

Ecuacións

Lei de Newton da gravitación universal
(forza que exerce cada masa puntual sobre cada unha das outras)

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

Intensidade do campo gravitacional que exerce unha masa M puntual nun punto a unha distancia r

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

Potencial gravitacional nun punto debido a unha masa M que dista r do punto

$$V = -G \frac{M}{r}$$

Energía potencial gravitacional (referida ao infinito)

$$E_p = m \cdot V = -G \frac{M \cdot m}{r}$$

Traballo do campo cando se despraza unha masa desde o punto 1 ao punto 2

$$W_{1 \rightarrow 2} = E_{p1} - E_{p2} = -\Delta E_p$$

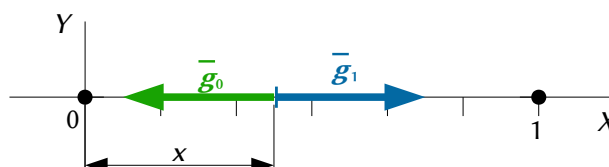
Solución:

a) O punto deberá estar no eixe X entre as dúas masas. A súa coordenada y será $y = 0$.

O principio de superposición di que a intensidade de campo gravitacional nun punto, debido á presenza de varias masas, é a suma vectorial dos campos producidos nese punto por cada masa, coma se o resto das masas non estivese presente.

Para determinar o campo nun punto, calcúlanse os campos creados nese punto por cada masa, e despois súmanse os vectores.

A forza de atracción gravitacional entre dúas masas puntuais ou esféricas, M e m , vén dada pola lei da gravitación de Newton. G é a constante da gravitación universal e \vec{u}_r o vector unitario na liña que une as ma-



sas.

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

O campo gravitacional nun punto situado a unha distancia, r , dunha masa puntual, M , é a forza sobre a unidade de masa situada nese punto.

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

Para calcular a súa coordenada x . escríbense as expresións dos campos gravitacionais creados nese punto polas masas, e aplícase a condición de que o campo resultante é nulo.

O campo gravitacional nese punto creado pola masa situada na orixe é:

$$\vec{g}_0 = -G \frac{M_0}{r_0^2} \vec{u}_r = -6,67 \cdot 10^{-11} [\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}] \frac{2,00 [\text{kg}]}{x^2} \vec{i} = \frac{-1,33 \cdot 10^{-10}}{x^2} \vec{i} \text{ m/s}^2$$

O campo gravitacional nese punto creado pola masa situada en $x_1 = 6 [\text{m}]$ é:

$$\vec{g}_1 = -G \frac{M_1}{r_1^2} \vec{u}_r = -6,67 \cdot 10^{-11} [\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}] \frac{4,00 [\text{kg}]}{(6,00 - x)^2} (-\vec{i}) = \frac{2,67 \cdot 10^{-10}}{(6,00 - x)^2} \vec{i} \text{ m/s}^2$$

Polo principio de superposición, o campo gravitacional é a suma vectorial dos dous campos.

$$\begin{aligned} \vec{g} &= \vec{g}_0 + \vec{g}_1 = \vec{0} \\ \frac{-1,33 \cdot 10^{-10}}{x^2} + \frac{2,67 \cdot 10^{-10}}{(6,00 - x)^2} &= 0 \\ \frac{(6,00 - x)^2}{x^2} &= \frac{2,67 \cdot 10^{-10}}{1,33 \cdot 10^{-10}} = 2,00 \\ 6,00 - x &= \pm \sqrt{2,00} x \\ x &= \frac{6,00}{1 + \sqrt{2,00}} = 2,48 \text{ m} \end{aligned}$$

Análise: A solución é aceptable, posto que se atopa entre as dúas masas. A outra solución,

$x = \frac{6,00}{1 - \sqrt{2,00}} = -14,5 \text{ m}$ *estaría nun punto no que ambos os campos serían do mesmo sentido e non se anulaban.*

O potencial gravitacional nun punto, debido á presenza de varias masas, é a suma dos potenciais producidos nese punto por cada masa, coma se o resto das masas non estivese presente.

Para determinar o potencial gravitacional nun punto, calcúlanse os potenciais creados nese punto por cada masa, e despois súmanse.

A ecuación do potencial gravitacional, V , nun punto situado a unha distancia, r , dunha masa puntual, Q , é:

$$V = -G \frac{M}{r}$$

G é a constante da gravitación universal.

b) Calcúlase o potencial gravitacional no punto $x = 2 [\text{m}]$ creado pola masa situada na orixe:

$$V_0 = -G \frac{M_0}{r_0} = -6,67 \cdot 10^{-11} [\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}] \frac{2,00 [\text{kg}]}{2,00 [\text{m}]} = -6,67 \cdot 10^{-11} \text{ J/kg}$$

Calcúlase o potencial gravitacional no punto $x = 2 [\text{m}]$ creado pola masa situada no punto $x = 6 [\text{m}]$:

$$V_1 = -G \frac{M_1}{r_1} = -6,67 \cdot 10^{-11} [\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}] \frac{4,00 [\text{kg}]}{6,00 - 2,00 [\text{m}]} = -6,67 \cdot 10^{-11} \text{ J/kg}$$

O potencial gravitacional é a suma.

$$V = V_0 + V_1 = (-6,67 \cdot 10^{-11} [\text{J/kg}]) + (-6,67 \cdot 10^{-11} [\text{J/kg}]) = -1,33 \cdot 10^{-10} \text{ J/kg}$$

O campo gravitacional é un campo conservativo, porque o traballo realizado pola forza do campo, cando unha masa se move entre dous puntos, é independente do camiño seguido e depende só dos puntos inicial e final. Defínese unha función escalar chamada enerxía potencial, E_p , asociada ao campo vectorial de forzas, de tal xeito que o traballo realizado pola forza do campo ao mover unha masa entre dous puntos é igual á variación da enerxía potencial entre estes dous puntos, cambiada de signo.

$$W = -\Delta E_p$$

Tamén se define outra magnitude escalar, chamada potencial gravitacional, que é igual á enerxía potencial da unidade de masa.

$$V = \frac{E_p}{m}$$

O traballo realizado pola forza de campo, cando unha masa se move do punto A ao punto B, é:

$$W_{A \rightarrow B} = -\Delta E_p = -(E_{pB} - E_{pA}) = (E_{pA} - E_{pB}) = m \cdot V_A - m \cdot V_B = m (V_A - V_B)$$

c) Por definición, a enerxía potencial (e o potencial) no infinito é nula, polo que o traballo da resultante das forzas gravitacionais cando se leva a masa en $x = 2$ [m] ata o infinito é:

$$W_{2 \rightarrow \infty} = -\Delta E_p = -(E_{p\infty} - E_{p2}) = E_{p2} - E_{p\infty} = E_{p2} = m \cdot V_2 = 6,00 \text{ [kg]} \cdot (-1,33 \cdot 10^{-10} \text{ [J/kg]}) = -8,00 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

O traballo das forzas gravitacionais é negativo, (a forza do campo opónse ao desprazamento cara ao infinito) e o traballo deberá facelo algunha forza externa.

P.2. Ilumínase un metal con luz monocromática dunha certa lonxitude de onda. Se o traballo de extracción é de $4,8 \cdot 10^{-19}$ J e o potencial de freado é de 2,0 V, calcula:

- A velocidade máxima dos electróns emitidos.
- A lonxitude de onda da radiación incidente.
- Representa graficamente a enerxía cinética máxima dos electróns emitidos en función da frecuencia da luz incidente.

DATOS: $|q_e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg; $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s; $c = 3 \cdot 10^8$ m · s⁻¹. (A.B.A.U. extr. 19)

Rta.: a) $v = 8,4 \cdot 10^5$ m/s; b) $\lambda = 250$ nm.

Datos

Traballo de extracción do metal

Potencial de freado

Constante de Planck

Velocidade da luz no baleiro

Carga do electrón

Masa do electrón

Incógnitas

Velocidade máxima dos electróns emitidos

Lonxitude de onda da radiación incidente

Ecuacións

Ecuación de Planck (enerxía do fotón)

Ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico

Relación entre a frecuencia dunha onda luminosa e a súa lonxitude de onda

Enerxía cinética

Relación entre a enerxía cinética dos electróns e o potencial de freado

Cifras significativas: 2

$$W_e = 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$V = 2,0 \text{ V}$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$v$$

$$\lambda$$

$$E_f = h \cdot f$$

$$E_f = W_e + E_c$$

$$c = f \cdot \lambda$$

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$E_c = |e| \cdot V$$

Solución:

a) A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos calcúlase a partir do potencial de freado:

$$E_c = |e| \cdot V = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ [C]} \cdot 2,0 \text{ [V]} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

A velocidade calcúlase a partir da expresión da enerxía cinética:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ [J]}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ [kg]}}} = 8,4 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

b) Calcúlase a enerxía da radiación empregando a [ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico](#):

$$E_f = W_e + E_c = 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ [J]} + 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ [J]} = 8,0 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

A frecuencia dos fotóns incidentes calcúlase empregando a ecuación de Planck:

$$E_f = h \cdot f \Rightarrow f = \frac{E_f}{h} = \frac{8,0 \cdot 10^{-19} \text{ [J]}}{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ [J} \cdot \text{s]}} = 1,2 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1} = 1,2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

A lonxitude de onda dos fotóns calcúlase empregando a relación entre a frecuencia e a lonxitude de onda:

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3,0 \cdot 10^8 \text{ [m/s]}}{1,2 \cdot 10^{15} \text{ [s}^{-1}\text{]}} = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 250 \text{ nm}$$

c) Calcúlase a frecuencia limiar [combinando as ecuacións de Planck e Einstein](#):

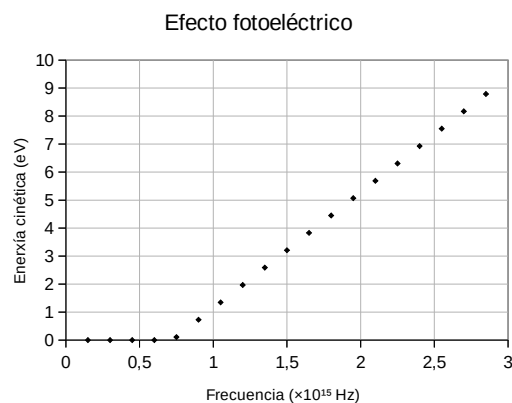
$$W_e = h \cdot f_0$$

$$f_0 = \frac{W_e}{h} = \frac{4,8 \cdot 10^{-19} \text{ [J]}}{6,63 \cdot 10^{-24} \text{ [J} \cdot \text{s]}} = 7,2 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

Por debaixo da frecuencia limiar non hai electróns.

Faise unha táboa con valores da frecuencia maiores ao valor da frecuencia limiar, e calcúlase a enerxía cinética dos electróns coa ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico.

A gráfica podería ser como a seguinte:



OPCIÓN B

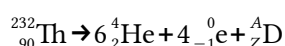
C.1. O ${}_{90}^{232}\text{Th}$ desintégrese emitindo 6 partículas α e 4 partículas β , o que dá lugar a un isótopo estable do chumbo de número atómico:

- A) 82.
- B) 78.
- C) 74.

(A.B.A.U. extr. 19)

Solución: A

As partículas alfa son núcleos de helio ${}^4_2\text{He}$, as partículas beta electróns ${}^0_{-1}\text{e}$ e as radiacións gamma fotóns ${}^0_0\gamma$. Escribindo a reacción nuclear:



Aplicando os principios de conservación do número bariónico (ou número másico) e da carga, queda:

$$232 = 6 \cdot 4 + A \Rightarrow A = 208$$

$$90 = 6 \cdot 2 + 4 \cdot (-1) + Z \Rightarrow Z = 82$$

C.2. A expresión que relaciona a enerxía mecánica dun satélite que describe unha órbita circular arredor dun planeta e a súa enerxía potencial é:

- A) $E_m = -E_p$.
- B) $E_m = -\frac{1}{2} E_p$.
- C) $E_m = \frac{1}{2} E_p$.

(A.B.A.U. extr. 19)

Solución: C

A enerxía cinética dun obxecto de masa m , que se move con velocidade v , é directamente proporcional ao cadrado da súa velocidade.

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

A enerxía potencial gravitacional dun satélite de masa m , que xira arredor dun astro de masa M , nunha órbita de radio r , é inversamente proporcional ao raio da órbita.

$$E_p = -G \frac{M \cdot m}{r}$$

Onde G é a constante da gravitación universal.

A enerxía mecánica de un corpo de masa m , que se atopa en órbita de raio r arredor dun astro de masa M , é a suma das súas enerxías cinética e potencial.

$$E = E_c + E_p = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + \left(-G \frac{M \cdot m}{r} \right)$$

A [velocidade dun satélite](#) que xira a unha distancia r arredor dun astro de masa M é:

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

Substituíndo v^2 , a expresión da enerxía cinética queda:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} G \frac{M \cdot m}{r}$$

A expresión da enerxía mecánica queda:

$$E = E_c + E_p = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - G \frac{M \cdot m}{r} = \frac{1}{2} G \frac{M \cdot m}{r} - G \frac{M \cdot m}{r} = -\frac{1}{2} G \frac{M \cdot m}{r}$$

A enerxía mecánica dun satélite en órbita é igual á metade da súa enerxía potencial.

$$E = \frac{1}{2} E_p$$

C.3. Unha superficie plana separa dous medios de índices de refracción distintos n_1 e n_2 . Un raio de luz incide desde o medio de índice n_1 . Razoa cal das afirmacións seguintes é verdadeira:

- A) O ángulo de incidencia é maior que o ángulo de reflexión.
- B) Os ángulos de incidencia e de refracción son sempre iguais.
- C) Se $n_1 < n_2$ non se produce reflexión total.

(A.B.A.U. extr. 19)

Solución: C

Para que exista reflexión total a luz debe pasar dun medio máis denso ópticamente (con maior índice de refracción) a un menos denso.

Pola lei de Snell

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

O ángulo límite é o ángulo de incidencia para o que o ángulo de refracción vale 90° .

$$n_1 \cdot \sin \lambda_1 = n_2 \cdot \sin 90^\circ = n_2$$

Se $n_2 > n_1$ entón:

$$\sin \lambda_1 = n_2 / n_1 > 1$$

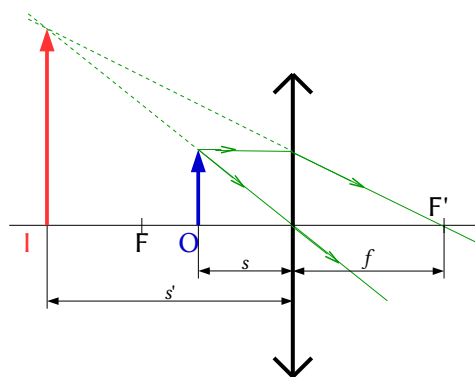
É imposible. O seno dun ángulo non pode ser maior que uno.

C.4. Na práctica de óptica xeométrica traballas con lentes converxentes e obtés imaxes nunha pantalla variando a distancia entre o obxecto e a lente. Xustifica con diagramas de raios os casos nos que non obtés imaxes na pantalla.

(A.B.A.U. extr. 19)

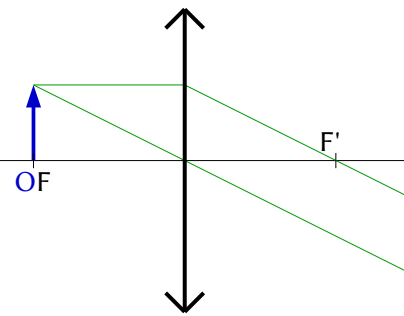
Solución:

Se colocamos o obxecto a unha distancia igual á distancia focal non se forma imaxe porque os raios saen paralelos despois de atravesar a lente.



te.

Se colocamos o obxecto a unha distancia menor que a distancia focal non se forma imaxe na pantalla porque os raios non se cortan despois de atravesar a lente. Prolongando os raios obtemos un punto de corte que corresponde á imaxe virtual, que non se ve na pantalla,



P.1. Un electrón acelérase desde o repouso mediante unha diferenza de potencial de $1,0 \cdot 10^3$ V, penetrando a continuación, perpendicularmente, nun campo magnético uniforme de 0,20 T. Calcula:

- A velocidade do electrón ao entrar no campo magnético.
- O raio da traxectoria do electrón.
- O módulo, a dirección e o sentido do campo eléctrico uniforme necesario para que o electrón non experimente desviación ao seu paso pola rexión na que existen o campo eléctrico e o magnético.

DATOS: $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.

(A.B.A.U. extr. 19)

Rta.: a) $v = 1,9 \cdot 10^7$ m/s; b) $r = 5,4 \cdot 10^{-4}$ m; c) $|E| = 3,8 \cdot 10^6$ N/C $\perp \vec{v} \perp \vec{B}$.

Datos

Diferenza de potencial de aceleración

Valor da intensidade do campo magnético

Carga do electrón

Ángulo entre a velocidade do protón e o campo magnético

Masa do electrón

Incógnitas

Velocidade do electrón

Radio da traxectoria circular

Vector campo eléctrico que anule o efecto do campo magnético

Outros símbolos

Valor da forza magnética sobre o electrón

Período do movemento circular

Energía (cinética) do protón

Ecuacións

Lei de Lorentz: forza magnética sobre unha carga, q , que se despraza polo interior dun campo magnético, \vec{B} , cunha velocidade, \vec{v}

$$\vec{F}_B = q (\vec{v} \times \vec{B})$$

Aceleración normal (nun movemento circular de raio R)

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

2.ª lei de Newton da Dinámica

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Velocidade nun movemento circular uniforme de raio R

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

Traballo do campo eléctrico

$$W(\text{eléctrico}) = q \cdot \Delta V$$

Traballo da forza resultante

$$W = \Delta E_c$$

Energía cinética

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Forza, \vec{F}_E , exercida por un campo electrostático, \vec{E} , sobre unha carga, q

$$\vec{F}_E = q \cdot \vec{E}$$

Solución:

a) Para calcular a velocidade temos que ter en conta que ao acelerar o electrón cunha diferenza de potencial (supomos que desde o repouso), este adquire unha enerxía cinética:

$$W(\text{eléctrico}) = |q| \cdot \Delta V = \Delta E_c = \frac{1}{2} m_p v^2 - \frac{1}{2} m_p v_0^2$$

Se parte do repouso, $v_0 = 0$. A velocidade final é:

Cifras significativas: 2

$$V = 1,0 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$B = 0,20 \text{ T}$$

$$q = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\varphi = 90^\circ$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$v$$

$$R$$

$$\vec{E}$$

$$F_B$$

$$T$$

$$E_c$$

$$v = \sqrt{\frac{2|q| \cdot \Delta V}{m_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} [\text{C}] \cdot 1,0 \cdot 10^3 [\text{V}]}{9,1 \cdot 10^{-31} [\text{kg}]}} = 1,9 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

Análise: A velocidade é moi alta, pero non tanto que haxa que facer correccións relativistas.

b) Como só actúa a forza magnética, que é perpendicular á velocidade, o electrón describe unha traxectoria circular con velocidade de valor constante, polo que a aceleración só ten compoñente normal a_N .

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

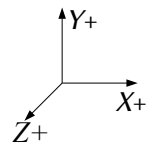
Usando a expresión da lei de Lorentz (en módulos) para a forza magnética:

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

Despexando o raio, R :

$$R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B \cdot \sin \varphi} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} [\text{kg}] \cdot 1,9 \cdot 10^7 [\text{m/s}]}{1,6 \cdot 10^{-19} [\text{C}] \cdot 0,20 [\text{T}] \cdot \sin 90^\circ} = 5,3 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,53 \text{ mm}$$

Análise: O raio ten un valor demasiado pequeno, menos dun milímetro.



c) Se actúa unha forza eléctrica que anula a magnética,

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

O campo eléctrico debe valer, en módulo:

$$|\vec{E}| = |-(\vec{v} \times \vec{B})| = 1,9 \cdot 10^7 [\text{m/s}] \cdot 0,20 [\text{T}] \cdot \sin 90^\circ = 3,8 \cdot 10^6 \text{ N/C}$$

A dirección ten que ser a do produto $(\vec{v} \times \vec{B})$, perpendicular ao vector velocidade e perpendicular ao vector campo magnético.

O sentido ten que ser oposto ao da forza magnética. Poñamos o caso de que a velocidade é paralela ao eixe Y en sentido negativo e o campo magnético é paralelo ao eixe Z en sentido negativo, a forza magnética estará na dirección do eixe X en sentido negativo:

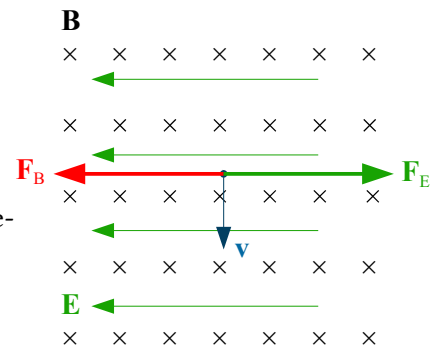
$$\vec{F}_B = q (\vec{v} \times \vec{B}) = -q v B (-\vec{j} \times -\vec{k}) = -q v B \vec{i}$$

A forza eléctrica deberá estar na mesma dirección pero en sentido contrario.

$$\vec{F}_E = -\vec{F}_B = q v B \vec{i}$$

Pero como a carga do electrón é negativa, o campo eléctrico deberá ser de sentido oposto ao da forza

$$\vec{E} = \vec{F}_E / (-q) = -v B \vec{i}$$



P.2. Nunha corda propágase unha onda dada pola ecuación $y(x, t) = 0,04 \sin 2\pi (2x - 4t)$, onde as lonxitudes exprésanse en metros e o tempo en segundos. Calcula:

- A frecuencia, o número de onda, a lonxitude de onda e a velocidade de propagación da onda.
- A diferenza de fase, nun instante determinado, entre dous puntos da corda separados 1 m e comproba se devanditos puntos están en fase ou en oposición.
- Os módulos da velocidade e aceleración máximas de vibración dos puntos da corda.

(A.B.A.U. extr. 19)

Rta.: a) $f = 4 \text{ Hz}$; $k = 12,5 \text{ m}^{-1}$; $\lambda = 0,5 \text{ m}$; $v_p = 2 \text{ m/s}$; b) $\Delta\varphi = 4\pi \text{ rad}$; c) $v = 1,01 \text{ m/s}$; $a = 25,3 \text{ m/s}^2$.

Datos

Ecuación da onda

Distancia entre os puntos

Incógnitas

Velocidade de propagación

Diferenza de fase entre dous puntos separados 1 m

Outros símbolos

Pulsación (frecuencia angular)

Cifras significativas: 3

$y = 0,0400 \sin 2\pi (2,00 x - 4,00 t) [\text{m}]$

$\Delta x = 1,00 \text{ m}$

v_p

$\Delta\varphi$

ω

Datos

Frecuencia
Lonxitude de onda
Número de onda

Cifras significativas: 3

f
 λ
 k

Ecuacións

Ecuación dunha onda harmónica unidimensional
Número de onda
Relación entre a frecuencia angular e a frecuencia
Relación entre a lonxitude de onda e a velocidade de propagación

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

$$k = 2\pi / \lambda$$

$$\omega = 2\pi \cdot f$$

$$v_p = \lambda \cdot f$$

Solución:

a) Obtéñense a frecuencia angular e o número de onda comparando a ecuación dunha onda harmónica unidimensional coa ecuación do problema:

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

$$y = 0,0400 \text{ sen } 2\pi (2,00 x - 4,00 t) = 0,0400 \cdot \text{sen}(-8,00 \cdot \pi \cdot t + 4,00 \cdot \pi \cdot x) \text{ [m]}$$

Frecuencia angular: $\omega = 8,00 \cdot \pi \text{ [rad/s]} = 25,1 \text{ rad/s}$

Número de onda: $k = 4,00 \cdot \pi \text{ [rad/m]} = 12,6 \text{ rad/m}$

Calcúlase a frecuencia a partir da frecuencia angular:

$$\omega = 2\pi \cdot f \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{8,00 \cdot \pi \text{ [rad} \cdot \text{s}^{-1}]}{2\pi \text{ [rad]}} = 4,00 \text{ s}^{-1} = 4,00 \text{ Hz}$$

Calcúlase a lonxitude de onda a partir do número de onda:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi \text{ [rad]}}{4,00 \cdot \pi \text{ [rad} \cdot \text{m}^{-1}]} = 0,500 \text{ m}$$

Calcúlase a velocidade de propagación da onda a partir da lonxitude de onda e da frecuencia:

$$v_p = \lambda \cdot f = 0,500 \text{ [m]} \cdot 4,00 \text{ [s}^{-1}] = 2,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

b) Nun instante t , a diferenza de fase entre dous puntos situados en x_1 e x_2 é:

$$\Delta\varphi = [2\pi(-4,00 \cdot t + 2,00 \cdot x_2)] - [4\pi(2\pi(-4,00 \cdot t + 2,00 \cdot x_1))] = 2\pi \cdot 2,00 \cdot (x_1 - x_2) = 2\pi \cdot 2,00 \cdot \Delta x$$

$$\Delta\varphi = 2\pi \cdot 2,00 \cdot 1,00 = 4,00 \pi \text{ rad}$$

Análise: A distancia entre os puntos é 1,00 m que é o dobre da lonxitude de onda. Como os puntos que están en fase ou cuxa diferenza de fase é múltiplo de 2π atópanse a unha distancia que é múltiplo da lonxitude de onda, unha distancia de dúas veces a lonxitude de onda corresponde a unha diferenza de fase dobre de 2π , ou sexa, 4π rad.

Os dous puntos atópanse en fase.

c) A velocidade obtense derivando a ecuación de movemento con respecto ao tempo:

$$v = \frac{dy}{dt} = \frac{d[0,040 \text{ sen } 2\pi(2,00 \cdot x - 4,00 \cdot t)]}{dt} = 0,040 \cdot 2\pi \cdot (-4,00) \cdot \cos(2\pi(2,00 \cdot x - 4,00 \cdot t)) \text{ [m/s]}$$

$$v = -1,01 \cos 2\pi(2,00 x - 4,00 t) \text{ [m/s]}$$

A velocidade é máxima cando $\cos(\varphi) = -1$

$$v_m = 1,01 \text{ m/s}$$

A aceleración obtense derivando a velocidade con respecto ao tempo:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d[-1,01 \cos 2\pi(2,00 \cdot x - 4,00 \cdot t)]}{dt} = -1,01 \cdot 2\pi \cdot (-4,00) \cdot \text{sen}(2\pi(2,00 \cdot x - 4,00 \cdot t)) \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$a = 25,3 \cdot \text{sen}(-3,00 \cdot t + 2,00 \cdot x) \text{ [m/s}^2\text{]}$$

A aceleración é máxima cando $\text{sen}(\varphi) = 1$

$$a_m = 25,3 \text{ m/s}^2$$

Cuestións e problemas das [Probas de avaliación de Bacharelato para o acceso á Universidade](#) (A.B.A.U. e P.A.U.) en Galiza.

[Respostas](#) e composición de [Alfonso J. Barbadillo Marán](#).

Alguns cálculos fixéronse cunha [folla de cálculo](#) de [LibreOffice](#) do mesmo autor.

Algunhas ecuacións e as fórmulas orgánicas construíronse coa extensión [CLC09](#) de Charles Lalanne-Cassou.

A tradución ao/desde o galego realizouse coa axuda de [traducindote](#), de Óscar Hermida López.

Procurouse seguir as [recomendacións](#) do Centro Español de Metrología (CEM).

Consultouse ao Copilot de Microsoft Edge e tivéronse en conta algunhas das súas respostas nas cuestións.

Actualizado: 22/03/24