

### 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 luz incidente, a reflectida e a refractada na superficie de separación de dous medios de distinto índice de refracción ten: A) Igual frecuencia, lonxitude de onda e velocidade. B) Distinta frecuencia, lonxitude de onda e velocidade. C) Igual frecuencia e distintas lonxitudes de onda e velocidade.

**C.2.** Para aumentar a potencia dunha lente biconvexa simétrica situada no aire deberíamos: A) Aumentar os raios de curvatura e diminuír o índice de refracción do material da lente. B) Diminuír os raios de curvatura e aumentar o índice de refracción do material da lente. C) Aumentar os raios de curvatura sen variar o índice de refracción do material da lente.

**C.3.** Un determinado feixe de luz provoca efecto fotoeléctrico nun determinado metal. Se aumentamos a intensidade do feixe incidente: A) Aumenta o número de fotoelectróns arrancados, así como a súa enerxía cinética. B) Aumenta o número de fotoelectróns arrancados sen se modificar a súa enerxía cinética. C) O número de fotoelectróns arrancados non varía, pero a súa enerxía cinética aumenta.

**C.4.** Describe o procedemento que seguirías no laboratorio para determinar se a luz é unha onda transversal ou lonxitudinal, así como o material que debes utilizar.

**P.1.** Nun punto de coordenadas (0, 3) está situada unha carga  $q_1 = 7,11 \text{ nC}$ , e no punto de coordenadas (4, 0) está situada outra carga  $q_2 = 3,0 \text{ nC}$ . As coordenadas están expresada en metros. Calcula: a) A expresión vectorial da intensidade do campo eléctrico no punto (4, 3). b) O valor do potencial eléctrico no punto (4, 3). c) Indica o signo e o valor da carga  $q_3$  que hai que situar na orixe para que o potencial eléctrico no punto (4, 3) se anule. Dato:  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ .

**P.2.** Un satélite artificial describe órbitas circulares arredor da Terra a unha altura de 350 km respecto da superficie terrestre. Calcula: a) A velocidade orbital do satélite. b) O seu período de revolución. c) Compara o valor da súa aceleración centrípeta co valor da intensidade do campo gravitacional  $g$  a esa distancia da Terra. Que consecuencias pódense extraer deste resultado? Datos:  $R(T) = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$ ;  $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

#### OPCIÓN B

**C.1.** O estroncio-90 é un isótopo radioactivo cun período de semidesintegración de 28 anos. Se dispoñemos dunha mostra de dous moles do dito isótopo, o número de átomos de estroncio-90 que quedarán na mostra despois de 112 anos será: A)  $1/8 N_A$ . B)  $1/16 N_A$ . C)  $1/4 N_A$ . ( $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$  partículas/mol).

**C.2.** Cal debería ser a distancia entre dous puntos dun medio polo que se propaga unha onda harmónica, con velocidade de fase de 100 m/s e 200 Hz de frecuencia, para que estean no mesmo estado de vibración?: A)  $2 n$ . B)  $0,5 n$ . C)  $n$ , sendo  $n = 0, 1, 2, 3 \dots$  e medido no S.I.

**C.3.** Un astronauta (A) achégase a unha estrela cunha velocidade de 200 000 km/s e outro astronauta (B) distánciase da mesma estrela coa mesma velocidade coa que se achega o (A). A velocidade con que estes astronautas perciben a velocidade da luz da estrela é: A) Maior para o astronauta (A) e menor para o (B). B) Menor para o astronauta (A) e maior para o (B). C) Igual para os dous astronautas.

**C.4.** A partir de medidas do raio,  $r$ , e do período,  $T$ , de catro satélites que orbitan a Terra obtense a táboa anexa. Representa eses datos nunha gráfica e determina a partir dela a masa da Terra. DATO:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ .

Satélite	$T^2/\text{s}^2$	$r^3/\text{km}^3$
1	$3,18 \times 10^7$	$3,29 \times 10^{11}$
2	$3,89 \times 10^7$	$4,05 \times 10^{11}$
3	$4,75 \times 10^7$	$4,93 \times 10^{11}$
4	$1,44 \times 10^8$	$1,48 \times 10^{12}$

**P.1.** Un feixe de luz de frecuencia  $4,30 \times 10^{14} \text{ Hz}$  incide desde un medio 1 de índice de refracción  $n_1 = 1,50$  sobre outro medio 2 de índice de refracción  $n_2 = 1,30$ . O ángulo de incidencia é de  $50^\circ$ . Determina: a) A lonxitude de onda do feixe no medio 1. b) O ángulo de refracción. c) A partir de que ángulo de incidencia se produce a reflexión total do feixe incidente? DATO:  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

**P.2.** Un protón móvese nun círculo de raio  $r = 20 \text{ cm}$ , perpendicularmente a un campo magnético  $B = 0,4 \text{ T}$ . Determina: a) A velocidade do protón. b) O período do movemento. c) O campo eléctrico necesario para anular o efecto do campo magnético. DATOS:  $q_p = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ .

## Solucións

### OPCIÓN A

C.1. A luz incidente, a reflectida e a refractada na superficie de separación de dous medios de distinto índice de refracción ten:

- A) Igual frecuencia, lonxitude de onda e velocidade.
- B) Distinta frecuencia, lonxitude de onda e velocidade.
- C) Igual frecuencia e distintas lonxitudes de onda e velocidade.

(A.B.A.U. ord. 19)

**Solución:** C

O índice de refracción dun medio respecto ao baleiro  $n_m$  é o cociente entre a velocidade da luz no baleiro  $c$  e a velocidade da luz no medio  $v_m$ .

$$n_m = c / v_m$$

A luz refractada cambia a súa velocidade mentres que a reflectida non.

Como a frecuencia da luz é característica (non varía ao cambiar de medio) e está relacionada coa velocidade de propagación da luz nese medio por:

$$v_m = \lambda_m \cdot f$$

Ao variar a velocidade, ten que variar a lonxitude de onda.

C.2. Para aumentar a potencia dunha lente biconvexa simétrica situada no aire deberíamos:

- A) Aumentar os raios de curvatura e diminuír o índice de refracción do material da lente.
- B) Diminuír os raios de curvatura e aumentar o índice de refracción do material da lente.
- C) Aumentar os raios de curvatura sen variar o índice de refracción do material da lente.

(A.B.A.U. ord. 19)

**Solución:** B

A fórmula do construtor de lentes é:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$f$  é a distancia focal da lente,  $n$  é o índice de refracción do material da lente e  $R_1$  e  $R_2$  son os raios de curvatura das caras anterior e posterior da lente.

A potencia dunha lente é a inversa da distancia focal.

$$P = \frac{1}{f}$$

Para aumentar a potencia, ou sexa, diminuír a distancia focal, haberá que empregar un material con maior índice de refracción e diminuír os raios para aumentar a curvatura das caras da lente.

C.3. Un determinado feixe de luz provoca efecto fotoeléctrico nun determinado metal. Se aumentamos a intensidade do feixe incidente:

- A) Aumenta o número de fotoelectróns arrancados, así como a súa enerxía cinética.
- B) Aumenta o número de fotoelectróns arrancados sen se modificar a súa enerxía cinética.
- C) O número de fotoelectróns arrancados non varía, pero a súa enerxía cinética aumenta.

(A.B.A.U. ord. 19)

**Solución:** B

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoeléctrica faino coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).

Cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía.

Para que se produza efecto fotoeléctrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anticátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.

A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación,  $E_f$  representa a enerxía do fotón incidente,  $W_e$  o traballo de extracción do metal e  $E_c$  a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.

A enerxía que leva un fotón de frecuencia  $f$  é:

$$E_f = h \cdot f$$

$h$  é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s.

Ao aumentar a intensidade da luz, aumenta o número de fotóns que chega ao cátodo, e, como cada fotón arranca un electrón, aumentará o número de electróns emitidos. Pero a enerxía cinética dos electróns non depende da intensidade da luz senón da súa frecuencia.

C.4. Describe o procedemento que seguirías no laboratorio para determinar se a luz é unha onda transversal ou lonxitudinal, así como o material que debes utilizar.

(A.B.A.U. ord. 19)

**Solución:**

As ondas transversais polarízanse.

[POLARIZACIÓN](#) en [Prácticas: Orientacións xerais](#) do Grupo de Traballo.

P.1. Nun punto de coordenadas (0, 3) está situada unha carga  $q_1 = 7,11$  nC, e no punto de coordenadas (4, 0) está situada outra carga  $q_2 = 3,0$  nC. As coordenadas están expresada en metros. Calcula:

- A expresión vectorial da intensidade do campo eléctrico no punto (4, 3).
- O valor do potencial eléctrico no punto (4, 3).
- Indica o signo e o valor da carga  $q_3$  que hai que situar na orixe para que o potencial eléctrico no punto (4, 3) se anule.

DATO:  $K = 9 \cdot 10^9$  N·m<sup>2</sup>·C<sup>-2</sup>.

(A.B.A.U. ord. 19)

Rta.: a)  $\vec{E} = (4 \vec{i} + 3 \vec{j})$  N/C; b)  $V = 25$  V; c)  $q_3 = -13,9$  nC.

#### Datos

Posición da carga  $q_1$

Posición da carga  $q_2$

Posición do punto 3

Valor da carga situada no punto 1

Valor da carga situada no punto 2

Constante de Coulomb

#### Incógnitas

Vector de intensidade do campo eléctrico no punto 3

Potencial eléctrico no punto 3

Valor da carga situada na orixe para que o potencial no punto 3 sexa nulo

#### Outros símbolos

Distancia

#### Ecuacións

Campo eléctrico nun punto a unha distancia,  $r$ , dunha carga puntual,  $Q$

Principio de superposición

Potencial eléctrico nun punto a unha distancia,  $r$ , dunha carga puntual,  $Q$

Potencial eléctrico nun punto debido a varias cargas

#### Cifras significativas: 3

$\vec{r}_1 = (0, 3,00)$  m

$\vec{r}_2 = (4,00, 0)$  m

$\vec{r}_3 = (4,00, 3,00)$  m

$q_1 = 7,11$  nC =  $7,11 \cdot 10^{-9}$  C

$q_2 = 3,00$  nC =  $3,00 \cdot 10^{-9}$  C

$K = 9,00 \cdot 10^9$  N·m<sup>2</sup>·C<sup>-2</sup>

$\vec{E}_3$

$V_3$

$q_3$

$r$

$$\vec{E} = K \frac{Q}{r^2} \vec{u}_r$$

$$\vec{E}_A = \sum \vec{E}_{Ai}$$

$$V = K \frac{Q}{r}$$

$$V = \sum V_i$$

**Solución:**

a) Faise un debuxo no que se sitúan os puntos 1(0, 3), 2(4, 0) y 3(4, 3).

Debúxanse os vectores do campo no punto 3, un vector por cada carga, prestando atención ao sentido, que é de repulsión, porque as cargas son positivas.

Debúxase o vector suma que é o campo resultante,  $\vec{E}_3$ .

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

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

A forza eléctrica entre dúas cargas puntuais,  $Q$  e  $q$ , separadas por unha distancia,  $r$ , vén dada pola lei de Coulomb, na que  $K$  é a constante de Coulomb e  $\vec{u}_r$  o vector unitario na liña que une as cargas.

$$\vec{F}_E = K \frac{Q \cdot q}{r^2} \vec{u}_r$$

O campo eléctrico nun punto situado a unha distancia,  $r$ , dunha carga puntual,  $Q$ , é a forza sobre a unidade de carga positiva situada nese punto:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q} = \frac{K \frac{Q \cdot \cancel{q}}{r^2} \vec{u}_r}{\cancel{q}} = K \frac{Q}{r^2} \vec{u}_r$$

A distancia do punto 1 ao punto 3 é:  $r_{13} = |(4,00, 3,00) \text{ [m]} - (0, 3,00) \text{ [m]}| = 4,00 \text{ m}$ .

O vector unitario do punto 3, tomando como orixe o punto 1, é  $\vec{i}$ , o vector unitario do eixe X.

Calcúlase o campo no punto 3, debida á carga de 7,11 nC situada no punto 1:

$$\vec{E}_{31} = 9,00 \cdot 10^9 \text{ [N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}] \frac{7,11 \cdot 10^{-9} \text{ [C]}}{(4,00 \text{ [m]})^2} \vec{i} = 4,00 \vec{i} \text{ N/C}$$

A distancia do punto 2 ao punto 3 é:  $r_{23} = |(4,00, 3,00) \text{ [m]} - (4,00, 0) \text{ [m]}| = 3,00 \text{ m}$ .

O vector unitario do punto 3, tomando como orixe o punto 2, é  $\vec{j}$ , o vector unitario do eixe Y.

Calcúlase o campo no punto 3, debida á carga de 3,00 nC situada no punto 2:

$$\vec{E}_{32} = 9,00 \cdot 10^9 \text{ [N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}] \frac{3,00 \cdot 10^{-9} \text{ [C]}}{(3,00 \text{ [m]})^2} \vec{j} = 3,00 \vec{j} \text{ N/C}$$

Polo principio de superposición, o vector de intensidade de campo eléctrico resultante no punto 3 é a suma vectorial dos vectores de intensidade de campo de cada carga:

$$\vec{E}_3 = \vec{E}_{31} + \vec{E}_{32} = 4,00 \vec{i} \text{ [N/C]} + 3,00 \vec{j} \text{ [N/C]} = (4,00 \vec{i} + 3,00 \vec{j}) \text{ N/C}$$

*Análise: A dirección do campo resultante está de acordo co debuxo.*

b)

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

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

A ecuación do potencial eléctrico,  $V$ , nun punto situado a unha distancia,  $r$ , dunha carga puntual,  $Q$ , é:

$$V = K \frac{Q}{r}$$

$K$  é a constante de Coulomb.

Calcúlase o potencial no punto 3, debido á carga de 7,11 nC situada no punto 1:

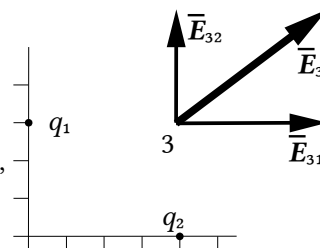
$$V_{31} = 9,00 \cdot 10^9 \text{ [N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}] \frac{7,11 \cdot 10^{-9} \text{ [C]}}{(4,00 \text{ [m]})} = 16,0 \text{ V}$$

Calcúlase o potencial no punto 3, debido á carga de 3,00 nC situada no punto 2:

$$V_{32} = 9,00 \cdot 10^9 \text{ [N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}] \frac{3,00 \cdot 10^{-9} \text{ [C]}}{(3,00 \text{ [m]})} = 9,00 \text{ V}$$

O potencial eléctrico no punto 3 é a suma.

$$V_{31} + V_{32} = 16,0 \text{ [V]} + 9,00 \text{ [V]} = 25,0 \text{ V}$$



c) Calcúlase a distancia do punto 3 á orixe:

$$r_{30} = \sqrt{(3,00 \text{ [m]})^2 + (4,00 \text{ [m]})^2} = 5,00 \text{ m}$$

Escríbese a expresión do potencial no punto 3, debido á carga  $q_3$  situada na orixe:

$$V_{30} = 9,00 \cdot 10^9 \text{ [N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}] \frac{q_3 \text{ [C]}}{(5,00 \text{ [m]})}$$

Para que o novo potencial no punto 3 sexa nulo, debe cumprirse que:

$$V_{31} + V_{32} + V_{30} = 0$$

$$16,0 \text{ [V]} + 9,00 \text{ [V]} + 9,00 \cdot 10^9 \text{ [N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}] \frac{q_3}{(5,00 \text{ [m]})} = 0$$

O valor da carga 3 se obtense despegando  $q_3$ :

$$q_3 = \frac{-25,0 \text{ [V]} \cdot 5,00 \text{ [m]}}{9,00 \cdot 10^9 \text{ [N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}]} = -1,39 \cdot 10^{-8} \text{ C} = -13,9 \text{ nC}$$

*Análise: O signo da carga é correcto, xa que produce un potencial negativo que contrarresta os potenciais positivos das cargas nos datos. O valor da carga parece aceptable, porque é semellante ao dos datos.*

P.2. Un satélite artificial describe órbitas circulares arredor da Terra a unha altura de 350 km respecto da superficie terrestre. Calcula:

a) A velocidade orbital do satélite.

b) O seu período de revolución.

c) Compara o valor da súa aceleración centrípeta co valor da intensidade do campo gravitacional  $g$  a esa distancia da Terra. Que consecuencias pódense extraer deste resultado?

Datos:  $R(T) = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$ ;  $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

(A.B.A.U. ord. 19)

**Rta.:** a)  $v = 7,70 \text{ km/s}$  m; b)  $T = 1 \text{ h } 31 \text{ min.}$ ; c)  $g = 8,81 \text{ m/s}^2$ .

### Datos

Raio da Terra

Altura da órbita

Aceleración da gravidade na superficie da Terra

### Incógnitas

Velocidade orbital do satélite

Período de revolución

Aceleración centrípeta

Intensidade do campo gravitacional a esa distancia da Terra

### Outros símbolos

Masa da Terra

Valor da velocidade do satélite na órbita arredor da Terra

Constante da gravitación universal

Raio da órbita

### Ecuacións

Lei de Newton da gravitación universal

(forza que exerce un planeta esférico sobre un corpo puntual)

2.ª lei de Newton da Dinámica

Velocidade lineal nun movemento circular uniforme de raio  $r$  e período  $T$

Aceleración normal dun obxecto que se move cunha velocidade lineal,  $v$ , nunha traxectoria circular de radio  $r$

Intensidade do campo gravitacional terrestre a unha distancia  $r$  do centro

### Cifras significativas: 3

$R = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$

$h = 350 \text{ km} = 3,50 \cdot 10^5 \text{ m}$

$g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$

$v$

$T$

$a$

$g_h$

$M$

$v$

$G$

$r$

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

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

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

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

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

### Solución:

A forza gravitacional,  $\vec{F}_G$ , que exerce un astro de masa  $M$  sobre un satélite de masa  $m$  que xira arredor del nunha órbita de radio  $r$ , é unha forza central, está dirixida cara ao astro, e réxese pola lei de Newton da gravitación universal:

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

Nesta expresión,  $G$  é a constante da gravitación universal, e  $\vec{u}_r$ , o vector unitario na dirección da liña que une o astro co satélite. En módulos:

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

En moitos casos a traxectoria do satélite é practicamente circular arredor do centro do astro. Como a forza gravitacional é unha forza central, a aceleración só ten compoñente normal,  $a_N$ . Ao non ter aceleración tangencial, o módulo,  $v$ , da velocidade lineal é constante e o movemento é circular uniforme.

A aceleración normal, nun movemento circular uniforme de raio  $r$ , obtense da expresión:

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

Como a forza gravitacional que exerce o astro sobre o satélite é moito maior que calquera outra, pódese considerar que é a única forza que actúa.

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

A 2.ª lei de Newton di que a forza resultante sobre un obxecto produce unha aceleración directamente proporcional á forza, sendo a súa masa,  $m$ , a constante de proporcionalidade.

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

Expresada para os módulos, queda:

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

$$F_G = m \cdot a_N$$

Substituíndo a expresión do módulo,  $F_G$ , da forza gravitacional, e a da aceleración normal, queda:

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

Despexando a velocidade orbital do satélite, queda:

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

Cando non se teñen os datos da constante da gravitación universal,  $G$ , ou da masa do astro,  $M$ , pero si do valor da aceleración da gravidade na súa superficie, pódese encontrar unha relación entre elas, usando que, na superficie do astro, o peso dun corpo,  $m \cdot g_0$ , é igual á forza gravitacional:

$$m g_0 = G \frac{M \cdot m}{R^2}$$

$R$  representa o raio de astro e  $g_0$  o valor da aceleración da gravidade na súa superficie.

A relación é:

$$G \cdot M = g_0 \cdot R^2$$

a) Calcúlase o raio da órbita vale:

$$r = R + h = 6,37 \cdot 10^6 \text{ [m]} + 3,50 \cdot 10^5 \text{ [m]} = 6,72 \cdot 10^6 \text{ m}$$

Calcúlase a velocidade orbital substituíndo  $G \cdot M$  por  $g_0 \cdot R^2$ .

$$= \sqrt{\frac{g_0 \cdot R^2}{r}} = \sqrt{\frac{9,81 \text{ [m/s}^2\text{]} \cdot (6,37 \cdot 10^6 \text{ [m]})^2}{6,72 \cdot 10^6 \text{ [m]}}} = 7,70 \cdot 10^3 \text{ m/s} \quad v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$$

b) O período calcúlase a partir da expresión da velocidade lineal no movemento circular uniforme:

$$v = \frac{2\pi \cdot R}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi \cdot r}{v} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6,72 \cdot 10^7 [\text{m}]}{7,70 \cdot 10^3 [\text{m/s}]} = 5,49 \cdot 10^3 \text{ s} = 1 \text{ h } 31 \text{ min}$$

c) A intensidade do campo gravitacional calcúlase substituíndo  $G \cdot M$  por  $g_0 \cdot R^2$ :

$$g_h = \frac{F_G}{m} = G \frac{M}{r^2} = \frac{g_0 \cdot R^2}{r^2} = \frac{9,81 [\text{m/s}^2] \cdot (6,37 \cdot 10^6 [\text{m}])^2}{(6,72 \cdot 10^6 [\text{m}])^2} = 8,81 \text{ m/s}^2$$

Calcúlase a aceleración centrípeta:

$$a_N = \frac{v^2}{r} = \frac{(7,70 \cdot 10^3 [\text{m/s}])^2}{6,72 \cdot 10^6 [\text{m}]} = 8,81 \text{ m/s}^2$$

*Análise: O resultado ten que ser o mesmo porque a velocidade calcúlase supoñendo que a única forza sobre o satélite é a forza gravitacional e, pola 2.ª lei de Newton, igualando a forza gravitacional ao produto masa por aceleración centrípeta.*

## OPCIÓN B

C.1. O estroncio-90 é un isótopo radioactivo cun período de semidesintegración de 28 anos. Se dispoñemos dunha mostra de dous moles do dito isótopo, o número de átomos de estroncio-90 que quedarán na mostra despois de 112 anos será:

- A)  $1/8 N_A$ .
- B)  $1/16 N_A$ .
- C)  $1/4 N_A$ .

DATO:  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$  partículas/mol.

(A.B.A.U. ord. 19)

**Solución: A**

A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes,  $(-dN = \lambda \cdot N \cdot dt)$ , pode expresarse como:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$N$  é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo  $t$ ,  $N_0$  é a cantidade inicial de átomos e  $\lambda$  é a constante de desintegración.

Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva,  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ , pasando  $N_0$  ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln(N / N_0) = \ln(N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

O período de semidesintegración dunha substancia radioactiva é o tempo que transcorre ata que só queda a metade da mostra orixinal. Cando  $t = T_{1/2}$ ,  $N = N_0 / 2$ .

Poñendo na ecuación logarítmica:  $(2 N)$  en lugar de  $N_0$ , e  $T_{1/2}$  en vez de  $t$ , queda:

$$\ln(2 N / N) = \lambda \cdot T_{1/2} \Rightarrow \lambda \cdot T_{1/2} = \ln 2$$

Calcúlase a constante de desintegración radioactiva da relación co período de semidesintegración:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{28 [\text{ano}]} = 0,0248 \text{ ano}^{-1}$$

Pasados 112 anos quedarán:

$$N = 2 \cdot N_A \cdot e^{-0,0248 \text{ ano}^{-1} \cdot 112 \text{ ano}} = \frac{N_A}{8}$$

*Análise: Como o período de semidesintegración é de 28 anos, ao cabo de  $112 / 28 = 4$  períodos de semidesintegración quedarán  $2 \cdot N_A \cdot (1 / 2)^4 = 2 / 16 N_A = 1 / 8 N_A$ .*

C.2. Cal debería ser a distancia entre dous puntos dun medio polo que se propaga unha onda harmónica, con velocidade de fase de 100 m/s e 200 Hz de frecuencia, para que estean no mesmo estado de vibración?:

- A)  $2n$ .  
 B)  $0,5n$ .  
 C)  $n$ , sendo  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$  e medido no S.I.

(A.B.A.U. ord. 19)



**Solución:** B

A lonxitude de onde  $\lambda$  é a distancia mínima entre dous puntos dunha onda que se atopan en fase, ou sexa, no mesmo estado de vibración.

A lonxitude de onde  $\lambda$  está relacionada coa frecuencia  $f$  e coa velocidade de propagación  $v_p$  da onda pola relación

$$v_p = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{200 \text{ s}^{-1}} = 0,500 \text{ m}$$

Todos os puntos que se atopan a unha distancia que sexa un múltiplo da lonxitude de onda, estarán en fase con el.

$$d = n \cdot 0,500 \text{ [m]}$$

- C.3. Un astronauta (A) achégase a unha estrela cunha velocidade de 200 000 km/s e outro astronauta (B) distánciase da mesma estrela coa mesma velocidade coa que se achega o (A). A velocidade con que estes astronautas perciben a velocidade da luz da estrela é:  
 A) Maior para o astronauta (A) e menor para o (B).  
 B) Menor para o astronauta (A) e maior para o (B).  
 C) Igual para os dous astronautas.

(A.B.A.U. ord. 19)



**Solución:** C

O segundo postulado da teoría especial da relatividade de Einstein establece que a velocidade da luz no baleiro é constante e independente do sistema de referencia inercial desde o que se mida. Tampouco depende da velocidade relativa entre o observador e a fonte de luz.

- C.4. A partir de medidas do raio,  $r$ , e do período,  $T$ , de catro satélites que orbitan a Terra obtense a táboa anexa. Representa eses datos nunha gráfica e determina a partir dela a masa da Terra.

Satélite	$T^2/\text{s}^2$	$r^3/\text{km}^3$
1	$3,18 \times 10^7$	$3,29 \times 10^{11}$
2	$3,89 \times 10^7$	$4,05 \times 10^{11}$
3	$4,75 \times 10^7$	$4,93 \times 10^{11}$
4	$1,44 \times 10^8$	$1,48 \times 10^{12}$

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

(A.B.A.U. ord. 19)



**Solución:**

Reescribindo esta ecuación para expresar a relación entre os cubos dos raios das órbitas e os cadrados dos períodos queda:

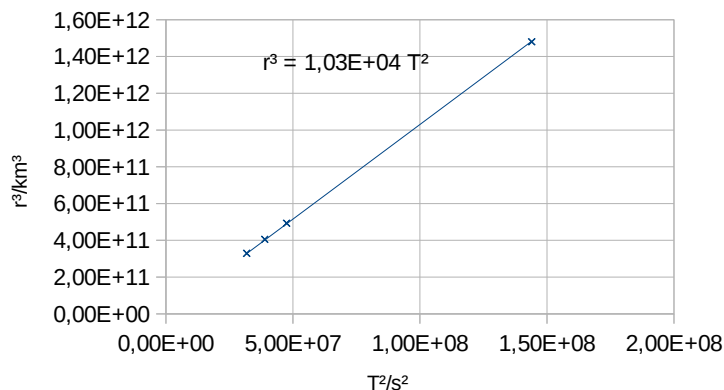


$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{G \cdot M}{4\pi^2}$$

A pendente da recta da gráfica obtida nunha folla de cálculo é:

$$pendente = 1,03 \cdot 10^4 \text{ km}^3/\text{s}^2 = 1,03 \cdot 10^{13} \text{ m}^3/\text{s}^2$$

Despexando a masa  $M$  da Terra queda:



$$M = \frac{4\pi^2 \cdot pendente}{G} = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 1,03 \cdot 10^{13} [\text{m}^3/\text{s}^2]}{6,67 \cdot 10^{-11} [\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}]} = 6,06 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

Análise: O resultado é semellante ao valor correcto  $5,96 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ .

Pero na proba non dispoñemos dunha folla de cálculo. A pendente da recta debuxada nun papel pode aproximarse ao cociente dos datos máis altos:

$$\frac{r_4^3}{T_4^2} = \frac{1,48 \cdot 10^{12} [\text{km}]^3}{1,44 \cdot 10^8 [\text{s}]^2} = 1,03 \cdot 10^4 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2} \frac{(10^3 \text{ m})^3}{(1 \text{ km})^3} = 1,03 \cdot 10^{13} \text{ m}^3/\text{s}^2$$

Que é o mesmo resultado que a pendente obtida na folla de cálculo.

Un valor mellor sería a media dos cocientes.

Satélite	$T^2/\text{s}^2$	$r^3/\text{km}^3$	$r^3/T^2 (\text{km}^3/\text{s}^2)$
1	$3,18 \cdot 10^7$	$3,29 \cdot 10^{11}$	$1,03 \cdot 10^4$
2	$3,89 \cdot 10^7$	$4,05 \cdot 10^{11}$	$1,04 \cdot 10^4$
3	$4,75 \cdot 10^7$	$4,93 \cdot 10^{11}$	$1,04 \cdot 10^4$
4	$1,44 \cdot 10^8$	$1,48 \cdot 10^{12}$	$1,03 \cdot 10^4$

O valor medio é  $1,04 \cdot 10^4 \text{ km}^3/\text{s}^2 = 1,04 \cdot 10^{13} \text{ m}^3/\text{s}^2$  que daría unha masa da Terra  $6,13 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ .

P.1. Un feixe de luz de frecuencia  $4,30 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  incide desde un medio 1 de índice de refracción  $n_1 = 1,50$  sobre outro medio 2 de índice de refracción  $n_2 = 1,30$ . O ángulo de incidencia é de  $50^\circ$ . Determina:

a) A lonxitude de onda do feixe no medio 1.

b) O ángulo de refracción.

c) A partir de que ángulo de incidencia se produce a reflexión total do feixe incidente?

DATO:  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

(A.B.A.U. ord. 19)

Rta.: a)  $\lambda = 465 \text{ nm}$ ; b)  $\theta_2 = 62,1^\circ$ ; c)  $\theta_{\text{li}} = 60,0^\circ$ .

### Datos

Frecuencia do feixe de luz

Índice de refracción do medio 1

Índice de refracción do medio 2

Ángulo de incidencia

Velocidade da luz no baleiro

### Incógnitas

Lonxitude de onda da luz no medio 1

Ángulo de refracción

Ángulo límite

### Ecuacións

Índice de refracción dun medio «i» no que a luz se despraza á velocidade  $v_i$

Relación entre a velocidade  $v$ , a lonxitude de onda  $\lambda$  e a frecuencia  $f$

Lei de Snell da refracción

### Cifras significativas: 3

$f = 4,30 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

$n_1 = 1,50$

$n_2 = 1,30$

$\theta_i = 50,0^\circ$

$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$\lambda_1$

$\theta_r$

$\theta_l$

$$n_i = \frac{c}{v_i}$$

$$v = \lambda \cdot f$$

$$n_i \cdot \sin \theta_i = n_r \cdot \sin \theta_r$$

### Solución:

a) A velocidade da luz no medio 1 é:

$$v_1 = \frac{c}{n_1} = \frac{3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,50} = 2,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Por tanto, a lonxitude de onda da luz no medio 1 é:

$$\lambda_1 = \frac{v_1}{f} = \frac{2,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{4,30 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}} = 4,65 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 465 \text{ nm}$$

b) O ángulo de refracción  $\theta_r$  pódese calcular aplicando a lei de Snell

$$1,50 \cdot \sin 50^\circ = 1,30 \cdot \sin \theta_r$$

$$\sin \theta_r = \frac{1,50 \cdot \sin 50^\circ}{1,30} = 0,884$$

$$\theta_r = \arcsin 0,884 = 62,1^\circ$$

c) O ángulo límite é o ángulo de incidencia que corresponde a un ángulo de refracción de  $90^\circ$ . Aplicando de novo a lei de Snell

$$1,50 \cdot \sin \theta_l = 1,30 \cdot \sin 90^\circ$$

$$\sin \theta_l = \frac{1,30 \cdot \sin 90^\circ}{1,50} = 0,867$$

$$\theta_l = \arcsin 0,867 = 60,0^\circ$$

P.2. Un protón móvese nun círculo de raio  $r = 20 \text{ cm}$ , perpendicularmente a un campo magnético  $B = 0,4 \text{ T}$ .

Determina:

a) A velocidade do protón.

b) O período do movemento.

c) O campo eléctrico necesario para anular o efecto do campo magnético.

DATOS:  $q_p = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ .

(A.B.A.U. ord. 19)

Rta.: a)  $v = 7,66 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ ; b)  $T = 1,64 \cdot 10^{-7} \text{ s}$ ; c)  $E = 3,07 \cdot 10^6 \text{ N/C}$ .

### Datos

Raio da traxectoria circular

Intensidade do campo magnético

Carga do protón

Masa do protón

### Incógnitas

Velocidade do protón

Período do movemento

Vector campo eléctrico que anule o efecto do campo magnético

### Outros símbolos

Vector forza magnética sobre o electrón

Vector forza eléctrica sobre o electrón

### Ecuacións

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

Aceleración normal (nun movemento circular de raio  $R$ )

2.ª lei de Newton da Dinámica

Velocidade nun movemento circular uniforme de raio  $R$

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

### Cifras significativas: 3

$R = 20,0 \text{ cm} = 0,200 \text{ m}$

$B = 0,400 \text{ T}$

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

$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

$\vec{v}$

$T$

$\vec{E}$

$\vec{F}_B$

$\vec{F}_E$

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

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

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

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

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

### Solución:

a) Como só actúa a forza magnética, que é perpendicular á velocidade, o protón 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 a velocidade,  $v$ :

$$v = \frac{|q| \cdot B \cdot R \cdot \sin \varphi}{m} = \frac{1,60 \cdot 10^{-19} [\text{C}] \cdot 0,400 [\text{T}] \cdot 0,200 [\text{m}] \cdot \sin 90^\circ}{1,67 \cdot 10^{-27} [\text{kg}]} = 7,66 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

b) O período do movemento calcúlase a partir da ecuación da velocidade no movemento circular uniforme:

$$v = \frac{2\pi \cdot R}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi \cdot R}{v} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,200 [\text{m}]}{7,66 \cdot 10^6 [\text{m/s}]} = 1,64 \cdot 10^{-7} \text{ s}$$

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:

$$|\vec{E}| = |-(\vec{v} \times \vec{B})| = 7,66 \cdot 10^6 [\text{m/s}] \cdot 0,400 [\text{T}] \cdot \sin 90^\circ = 3,07 \cdot 10^6 \text{ N/C}$$

Cuestións e problemas das [Probos 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