

## FÍSICA

O exame consta de 8 preguntas de 2 puntos, das que poderá responder un **MÁXIMO DE 5**, combinadas como queira. Se responde máis preguntas das permitidas, **só se corrixirán as 5 primeiras respondidas**.

### PREGUNTA 1. Responda indicando e xustificando a opción correcta:

**1.1.** Para escalar unha montaña podemos seguir dúas rutas diferentes: unha de pendentes moi suaves e outra con pendentes moi pronunciadas. O traballo realizado pola forza gravitacional sobre o corpo do montañeiro é: A) Maior na ruta de pendentes moi pronunciadas. B) Maior na ruta de pendentes moi suaves. C) Igual en ambas rutas.

**1.2.** Unha esfera metálica cárgase positivamente atopándose en equilibrio electrostático. O campo eléctrico será: A) Nulo no interior e constante no exterior da esfera. B) Máximo na superficie e nulo no interior. C) Aumenta linealmente dende o centro da esfera.

### PREGUNTA 2. Responda indicando e xustificando a opción correcta:

**2.1.** Sitúase un obxecto a unha distancia de 20 cm á esquerda dunha lente delgada converxente de distancia focal 10 cm. A imaxe que se forma é: A) De maior tamaño, real, dereita. B) De igual tamaño, virtual, invertida. C) De igual tamaño, real, invertida.

**2.2.** Un protón e unha partícula  $\alpha$  entran perpendicularmente no seo dun campo magnético estacionario e uniforme de indución,  $\vec{B}$ , describindo traxectorias circulares de igual raio. O cociente entre as velocidades da partícula  $\alpha$  e do protón,  $v(\alpha) / v(p)$ , é: A) 0,5. B) 2. C) 8. DATOS:  $m(\alpha) = 4 m(p)$ ;  $q(\alpha) = 2 q(p)$ .

### PREGUNTA 3. Responda indicando e xustificando a opción correcta:

**3.1.** Nunha célula fotoelétrica, o cátodo metálico ilumínase cunha radiación de 175 nm de lonxitude de onda e o potencial de freado é de 1 V. Se usamos unha luz de 250 nm, o potencial de freado será: A) Menor. B) Maior. C) Igual.

**3.2.** Medimos o noso pulso na Terra (en repouso) observando que o tempo entre cada latexo é de 0,80 s. Despois facemos a medida viaxando nunha nave espacial á velocidade de 0,70 c, sendo c a velocidade da luz no baleiro. De acordo coa teoría especial da relatividade, o tempo que medimos será: A) 1,12 s. B) 0,57 s. C) 0,80 s.

### PREGUNTA 4. Desenvolva esta práctica:

Estudando o fenómeno da refracción nunha lámina de vidro faise incidir un raio de luz con distintos ángulos sobre a superficie. Na táboa da marxe aparecen os ángulos de incidencia e os ángulos de refracción. a) Calcule o índice de refracción do material a partir dos datos da táboa. b) Indique en que condicións se produciría reflexión total. DATOS:  $n(\text{aire}) = 1$ ;  $c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

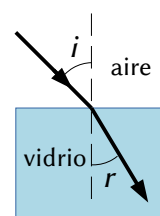
i (°)    r (°)

27      16

36      21

48      27

57      31



### PREGUNTA 5. Resolva este problema:

Un meteorito de 150 kg de masa achégase á Terra e acada unha velocidade de  $30 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  cando está a unha altura sobre a superficie da Terra igual a 6 veces o raio desta. Calcule: a) O seu peso a esa altura. b) A súa enerxía mecánica a esa altura. DATOS:  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ ;  $M(T) = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$ ;  $R(T) = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$ .

### PREGUNTA 6. Resolva este problema:

Un dipolo eléctrico é un sistema formado por dúas cargas do mesmo valor e de signo contrario que están separadas unha distancia fixa. Se o valor absoluto de cada unha das cargas é  $2 \mu\text{C}$  e están situadas nos puntos (0, 0) e (4, 0), calcule: a) O potencial eléctrico creado polo dipolo no punto (2, 2). b) A aceleración que experimenta un protón situado no punto medio do dipolo.

DATOS:  $K = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ ;  $q(p) = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $m(p) = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ . As distancias están en metros.

### PREGUNTA 7. Resolva este problema:

A ecuación  $y(x, t) = 0,04 \sin 2 \pi (4 t - 2 x) \text{ m}$  representa unha onda que se propaga por unha corda situada ao longo do eixe X, estando t expresado en segundos. Calcule: a) A frecuencia, 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.

### PREGUNTA 8. Resolva este problema:

Nunha cova encóntranse restos orgánicos e ao realizar a proba do carbono-14 obsérvase que a actividade da mostra é de  $10^6$  desintegracións/s. Sabendo que o período de semidesintegración do carbono-14 é de 5730 anos, calcule: a) A masa inicial da mostra. b) A masa da mostra cando transcorran 4000 anos.

DATOS:  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ;  $A(^{14}\text{C}) = 14$ .

## Solucións

1.1. Para escalar unha montaña podemos seguir dúas rutas diferentes: unha de pendentes moi suaves e outra con pendentes moi pronunciadas. O traballo realizado pola forza gravitacional sobre o corpo do montañeiro é:

- A) Maior na ruta de pendentes moi pronunciadas.
- B) Maior na ruta de pendentes moi suaves.
- C) Igual en ámbalas rutas.

(A.B.A.U. ord. 20)

**Solución:** C

A forza gravitacional é unha forza conservativa. Pódese definir unha magnitude, chamada enerxía potencial, que depende só da posición, ademais da masa. No caso da forza gravitacional preto da superficie da Terra.

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

O traballo realizado por unha forza conservativa é independente do camiño, só depende dos puntos inicial e final.

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

$$W_{1 \rightarrow 2} = m \cdot g \cdot (-\Delta h)$$

O traballo só depende das alturas inicial e final.

1.2. Unha esfera metálica cárgase positivamente atopándose en equilibrio electrostático. O campo eléctrico será:

- A) Nulo no interior e constante no exterior da esfera.
- B) Máximo na superficie e nulo no interior.
- C) Aumenta linealmente dende o centro da esfera.

(A.B.A.U. ord. 20)

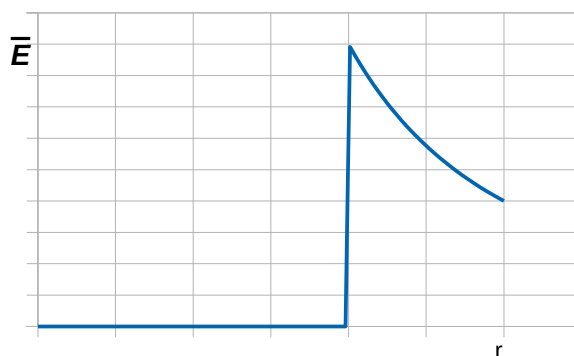
**Solución:** B

A intensidade,  $\vec{E}$ , de campo eléctrico no interior dun condutor metálico en equilibrio é nula. Se non fose así, as cargas desprazaríanse debido á forza do campo.

O campo eléctrico no exterior é igual que o campo creado por unha carga puntual situada no centro da esfera, o seu valor diminúe co cadrado da distancia ao centro:

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

Como a carga é positiva, o valor é máximo na superficie.



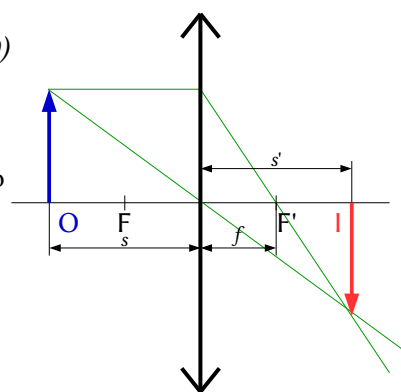
2.1. Sitúase un obxecto a unha distancia de 20 cm á esquerda dunha lente delgada converxente de distancia focal 10 cm. A imaxe que se forma é:

- A) De maior tamaño, real, dereita.
- B) De igual tamaño, virtual, invertida.
- C) De igual tamaño, real, invertida.

(A.B.A.U. ord. 20)

**Solución:** C

a) No debuxo represéntase o obxecto O antes da lente e desde o seu punto superior débúxanse dous raios:



- Un, horizontal cara á lente, que a atravesa e se refracta de maneira que o raio refractado pasa polo foco F'.
- Outro, cara ao centro da lente. Atravésaa sen desviarse.

O punto de corte é o correspondente á imaxe **I**.

*Análise: A imaxe é real xa que se forma á dereita da lente que é a zona onde se forman as imaxes reais nas lentes. É invertida e de igual tamaño que o obxecto.*

- 2.2. Un protón e unha partícula  $\alpha$  entran perpendicularmente no seo dun campo magnético estacionario e uniforme de indución,  $\vec{B}$ , describindo traxectorias circulares de igual raio. O cociente entre as velocidades da partícula  $\alpha$  e do protón,  $v(\alpha) / v(p)$ , é:

A) 0,5.

B) 2.

C) 8.

DATOS:  $m(\alpha) = 4 m(p)$ ;  $q(\alpha) = 2 q(p)$ .

(A.B.A.U. ord. 20)

**Solución: A**

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 unha traxectoria circular con velocidade de valor constante xa que a aceleración só ten compoñente normal  $a_N$ .

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

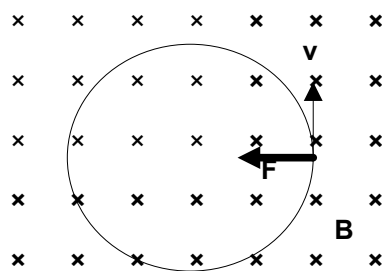
Se só actúa a forza magnética:

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

Aplicando a 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:

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

Como as partículas entran perpendicularmente ao campo,  $\sin \varphi = 1$ .

Despexando a velocidade  $v$ :

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

Como o raio e o campo magnético son os mesmos, aplicando esta expresión tanto á partícula  $\alpha$  como ao protón e dividindo unha entre a outra queda:

$$\frac{v_\alpha}{v_p} = \frac{\frac{q_\alpha \cdot B \cdot R}{m_\alpha}}{\frac{q_p \cdot B \cdot R}{m_p}} = \frac{m_p \cdot q_\alpha}{m_\alpha \cdot q_p} = \frac{m_p \cdot 2 q_p}{4 m_p \cdot q_p} = \frac{1}{2}$$

$$v_\alpha = 1/2 v_p$$

A velocidade da partícula alfa é a metade que a do protón.

- 3.1. Nunha célula fotoeléctrica, o cátodo metálico ilumínase cunha radiación de 175 nm de lonxitude de onda e o potencial de freado é de 1 V. Se usamos unha luz de 250 nm, o potencial de freado será:

A) Menor.

- B) Maior.  
C) Igual.

(A.B.A.U. ord. 20)



**Solución:** A

Interpretación de Einstein do efecto fotoeléctrico.

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 transmíttelle 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:

$$E_f = h \cdot f$$

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

A frecuencia dunha onda é inversamente proporcional a súa lonxitude de onda  $\lambda$ ,

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Cuanto maior sexa a súa lonxitude de onda, menor será a frecuencia e menor será a enerxía do fotón.

A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos será:

$$E_c = E_f - W_e$$

A enerxía do fotón, que depende da frecuencia  $f$ , escríbese en función da lonxitude de onda  $\lambda$ .

$$E_f = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

A enerxía cinética  $E_c$  máxima dos electróns escríbese en función do potencial de freado

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

A ecuación de Einstein queda:

$$\frac{h \cdot c}{\lambda} = W_e + |e| \cdot V$$

Por tanto, canto maior sexa a súa lonxitude de onda menor será a enerxía dos fotóns e a enerxía cinética e o potencial de freado dos electróns emitidos.

Se tivésemos todos os datos para facer os cálculos (a constante de Planck, a velocidade da luz no baleiro e a carga do electrón) descubriríamos que a radiación de 250 nm non produciría efecto fotoeléctrico.

O traballo de extracción é:

$$W_e = \frac{h \cdot c}{\lambda} - |e| \cdot V = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}] \cdot 3,00 \cdot 10^8 [\text{m/s}]}{175 \cdot 10^{-9} [\text{m}]} - 1,60 \cdot 10^{-19} [\text{C}] \cdot 1 [\text{V}] = 9,74 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

E a enerxía do fotón de 250 nm vale:

$$E_f = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}] \cdot 3,00 \cdot 10^8 [\text{m/s}]}{250 \cdot 10^{-9} [\text{m}]} = 7,95 \cdot 10^{-19} [\text{J}]$$

Enerxía menor que o traballo de extracción. Non sería suficiente para producir efecto fotoeléctrico.

3.2. Medimos o noso pulso na Terra (en repouso) observando que o tempo entre cada latexo é de 0,80 s.

Despois facemos a medida viaxando nunha nave espacial á velocidade de 0,70  $c$ , sendo  $c$  a velocidade

da luz no baleiro. De acordo coa teoría especial da relatividade, o tempo que medimos será:

- A) 1,12 s.
- B) 0,57 s.
- C) 0,80 s.

(A.B.A.U. ord. 20)



**Solución:** C

A teoría da relatividade especial predí que o tempo dun sistema que se move a velocidade moi alta relativa a un sistema en repouso, transcorre máis lentamente. A dilatación do tempo vén dada pola expresión:

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Pero o tempo propio, medido por un observador situado dentro do sistema que se move, é o mesmo que se estivese en repouso. O principio de relatividade di que non se pode determinar mediante a experiencia se un sistema está en repouso ou está movéndose.

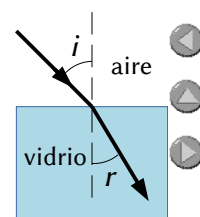
4. Estudando o fenómeno da refracción nunha lámina de vidro faise incidir un raio de luz con distintos ángulos sobre a superficie. Na táboa da marxe aparecen os ángulos de incidencia e os ángulos de refracción.

- a) Calcula o índice de refracción do material a partir dos datos da táboa.
- b) Indica en que condicións se produciría reflexión total.

DATOS:  $n(\text{aire}) = 1$ ;  $c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

(A.B.A.U. ord. 20)

$i (^{\circ})$	$r (^{\circ})$
27	16
36	21
48	27
57	31



**Solución:**

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

- a) A lei de Snell pode resumirse na ecuación:

$$n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$$

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

$$n_r = \frac{\sin i}{\sin r}$$

Se facemos unha representación gráfica de  $\sin r$  fronte a  $\sin i$ , a pendente da gráfica será a inversa do índice de refracción.

$$\sin r = (1 / n_r) \cdot \sin i$$

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

$i (^{\circ})$	$r (^{\circ})$	$\sin i$	$\sin r$	$\sin i / \sin r$
27	16	0,454	0,276	1,647
36	21	0,588	0,358	1,640
48	27	0,743	0,454	1,637
57	31	0,839	0,515	1,628

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

A inversa da pendente será o índice de refracción:

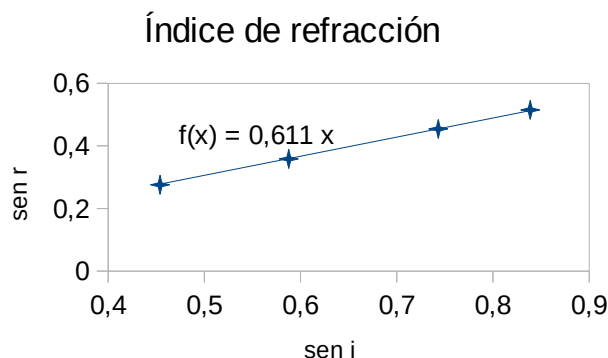
$$n_r = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{0,611} = 1,64$$

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

$$n_r = 1,6 \pm 0,1$$

A falta de papel milimetrado, o valor do índice de refracción pode calcularse como a media aritmética dos cocientes  $\sin i / \sin r$

$$n_r = \frac{1,647 + 1,640 + 1,637 + 1,628}{4} = 1,64$$



b) A reflexión total dun raio de luz ocorre cando pasa dun medio dun determinado índice de refracción a outro que ten un índice maior se o ángulo de incidencia fose maior que o ángulo límite. Neste caso podería ocorrer para o raio de luz no interior do vidro ao chegar á superficie de separación do aire. O ángulo límite entre este vidro e o aire é o ángulo de incidencia ao que correspondería un ángulo de refracción de  $90^\circ$ .

$$n_i \cdot \sin \lambda = n_r \cdot \sin 90^\circ$$

$$\lambda = \arcsen \frac{n_r}{n_i} = \arcsen \frac{1}{1,64} = 38^\circ$$

5. Un meteorito de 150 kg de masa achégase á Terra e acada unha velocidade de  $30 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  cando está a unha altura sobre a superficie da Terra igual a 6 veces o raio desta. Calcula:

a) O seu peso a esa altura.

b) A súa enerxía mecánica a esa altura.

Datos:  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ ;  $M(T) = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$ ;  $R(T) = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$ .

(A.B.A.U. ord. 20)

**Rta.:** a)  $P_h = 30,1 \text{ N}$ ; b)  $E = 6,61 \cdot 10^{10} \text{ J}$ .

### Datos

Raio da Terra

Masa da Terra

Constante da gravitación universal

Masa do meteorito

Velocidade do meteorito

Altura

### Incógnitas

Peso do meteorito a esa altura = forza gravitacional que actúa sobre el

Enerxía mecánica do meteorito a esa altura

### Outros símbolos

Raio da órbita

### Ecuacións

Lei de Newton da gravitación universal, en módulos.

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

Enerxía cinética dunha masa,  $m$ , que se move cunha velocidade,  $v$

Enerxía potencial gravitacional (referida ao infinito)

Enerxía mecánica

### Cifras significativas: 3

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

$$M = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

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

$$m = 150 \text{ kg}$$

$$v = 30,0 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} = 3,00 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

$$h = 6 R = 3,82 \cdot 10^7 \text{ m}$$

$$P_h$$

$$E$$

$$r$$

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

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

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

$$E = E_c + E_p$$

### Solución:

a) Calcúlase a distancia do meteorito coa Tera:

$$r = R + h = R + 6 R = 7 R = 7 \cdot 6,37 \cdot 10^6 [\text{m}] = 4,46 \cdot 10^7 \text{ m}$$

Calcúlase o peso, que é a forza gravitacional:

$$P_h = F_G = G \frac{M \cdot m}{r^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} [\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}] \cdot 5,98 \cdot 10^{24} [\text{kg}] \cdot 150 [\text{kg}]}{(4,46 \cdot 10^7 [\text{m}])^2} = 30,1 \text{ N}$$

b) Cálculase a enerxía potencial:

$$E_p = -G \frac{M \cdot m}{r} = -\frac{6,67 \cdot 10^{-11} [\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}] \cdot 5,98 \cdot 10^{24} [\text{kg}] \cdot 150 [\text{kg}]}{4,46 \cdot 10^7 [\text{m}]} = -1,34 \cdot 10^9 \text{ J}$$

Cálculase a enerxía cinética:

$$E_c = m \cdot v^2 / 2 = 150 [\text{kg}] \cdot (3,00 \cdot 10^4 [\text{m/s}])^2 / 2 = 6,75 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

A enerxía mecánica é a suma das enerxías cinética e potencial.

$$E = E_c + E_p = 6,75 \cdot 10^{10} [\text{J}] + (-1,34 \cdot 10^9 [\text{J}]) = 6,61 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

6. Un dipolo eléctrico é un sistema formado por dúas cargas do mesmo valor e de signo contrario que están separadas unha distancia fixa. Se o valor absoluto de cada unha das cargas é  $2 \mu\text{C}$  e están situadas nos puntos (0, 0) e (4, 0), calcula:

a) O potencial eléctrico creado polo dipolo no punto (2, 2).

b) A aceleración que experimenta un protón situado no punto medio do dipolo.

DATOS:  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ ;  $q(p) = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;  $m(p) = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ . As distancias están en metros.

(A.B.A.U. ord. 20)

**Rta.:** a)  $V = 0$ ; b)  $\vec{a} = 8,62 \cdot 10^{11} \vec{i} \text{ m/s}^2$ .

#### Datos

Posición da carga  $Q_1$

Posición da carga  $Q_2$

Posición do punto 3

Posición do punto medio do dipolo (punto 4)

Valor da carga situada no punto 1

Valor da carga situada no punto 2

Valor da carga do protón

Masa do protón

Constante de Coulomb

#### Incógnitas

Potencial eléctrico no punto 3

Aceleración dun protón situado no punto medio do dipolo

#### 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

Campo eléctrico

2.<sup>a</sup> lei de Newton da Dinámica

#### Cifras significativas: 3

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

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

$\vec{r}_3 = (2,00, 2,00) \text{ m}$

$\vec{r}_4 = (2,00, 0) \text{ m}$

$Q_1 = 2,00 \mu\text{C} = 2,00 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

$Q_2 = -2,00 \mu\text{C} = -2,00 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

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

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

$K = 9,00 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

$V_3$

$a$

$r$

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

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

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

$$V = \sum V_i$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

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

#### Solución:

a)

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 a distancia do punto 1(0, 0) ao punto 3(2, 2):

$$r_{13} = |\vec{r}_3 - \vec{r}_1| = \sqrt{(2,00 \text{ [m]} - (0 \text{ [m]}))^2 + (2,00 \text{ [m]} - 0 \text{ [m]})^2} = 2,83 \text{ m}$$

Calcúlase o potencial no punto 3(2, 2), debido á carga de  $2 \mu\text{C}$  situada no punto 1:

$$V_{31} = 9,00 \cdot 10^9 \text{ [N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}] \frac{2,00 \cdot 10^{-6} \text{ [C]}}{(2,83 \text{ [m]})} = 6,36 \cdot 10^3 \text{ V}$$

O potencial no punto 3(2, 2), debido á carga de  $-2 \mu\text{C}$  situada no punto 2, ten o valor oposto xa que a distancia é a mesma pero a carga é oposta:

$$V_{32} = -6,36 \cdot 10^3 \text{ V}$$

O potencial eléctrico dun punto debido á presenza de varias cargas, é a suma alxébrica dos potenciais debidos a cada carga. Como son opostos, o potencial anúlase.

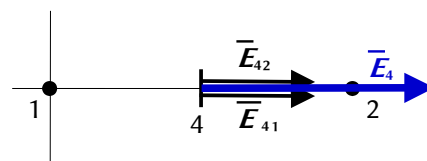
$$V_3 = V_{31} + V_{32} = 6,36 \cdot 10^3 \text{ [V]} + (-6,36 \cdot 10^3 \text{ [V]}) = 0$$

b) O punto medio do dipolo é o punto 4(2, 0).

Nun debuxo sitúanse os puntos 1(0, 0), 2(4, 0), y 4(2, 0).

Suponse que a carga positiva está no punto 1.

Debúxanse os vectores do campo no punto 4, un vector por cada carga, prestando atención ao sentido.



O campo creado pola carga positiva situada no punto 1 é de repulsión,

pero o campo creado pola carga negativa situada no punto 2 é de atracción.

A medida de ambos os vectores é a mesma, porque os valores dos campos son os mesmos, xa que as distancias e os valores absolutos das cargas son iguais.

Debúxase o vector suma que é o campo resultante,  $\vec{E}_4$ .

A medida do resultado será o dobre da medida dun dos campos.

Para calcular a aceleración do protón, calcúlase antes a forza eléctrica no punto medio, a partir do campo eléctrico.

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 estivesen presentes.

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 4 é:  $r_{14} = |(2,00, 0) \text{ [m]} - (0, 0)| = 2,00 \text{ m}$ .

O vector unitario do punto 4, tomando como orixe o punto 1, é  $\vec{i}$ , o vector unitario do eixe X.

Calcúlase o campo no punto 4, debida á carga de  $2 \mu\text{C}$  situada no punto 1:

$$\vec{E}_{41} = 9,00 \cdot 10^9 \text{ [N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}] \frac{2,00 \cdot 10^{-6} \text{ [C]}}{(2,00 \text{ [m]})^2} \vec{i} = 4,50 \cdot 10^3 \vec{i} \text{ N/C}$$

O campo no punto 4, debida á carga de  $2 \mu\text{C}$  situada no punto 2, é o mesmo:

$$\vec{E}_{42} = 4,50 \cdot 10^3 \vec{i} \text{ N/C}$$

Polo principio de superposición, o campo resultante no punto 4 é a suma vectorial dos campos creados nese punto por cada carga.



$$\vec{E}_4 = \vec{E}_{41} + \vec{E}_{42} = 4,50 \cdot 10^3 \vec{i} \text{ [N/C]} + 4,50 \cdot 10^3 \vec{i} \text{ [N/C]} = 9,00 \cdot 10^3 \vec{i} \text{ N/C}$$

Análise: Coincide co debuxo. O campo resultante do cálculo está dirixido no sentido positivo do eixe X.

Como o campo eléctrico é a forza sobre a unidade de carga positiva, calcúlase a forza despois:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \Rightarrow \vec{F} = q \cdot \vec{E}_4 = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ [C]} \cdot 9,00 \cdot 10^3 \vec{i} \text{ [N/C]} = 1,44 \cdot 10^{-15} \vec{i} \text{ N}$$

A aceleración calcúlase aplicando a segunda lei de Newton:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{1,44 \cdot 10^{-15} \vec{i} \text{ [N]}}{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ [kg]}} = 8,62 \cdot 10^{11} \vec{i} \text{ m/s}^2$$

O resultado, independente da orientación do dipolo, sería: a aceleración do protón é de  $8,62 \cdot 10^{11} \text{ m/s}^2$ , cara á carga negativa.

Análise: O valor da aceleración parece moi elevado, pero os cálculos son correctos.

7. A ecuación  $y(x, t) = 0,04 \sin 2\pi (4t - 2x)$  m representa unha onda que se propaga por unha corda situada ao longo do eixe X, estando  $t$  expresado en segundos. Calcula:
- A frecuencia, 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.
- (A.B.A.U. ord. 20)

**Rta.:** a)  $f = 4 \text{ Hz}$ ;  $\lambda = 0,5 \text{ m}$ ;  $v_p = 2 \text{ m/s}$ ; b)  $\Delta\phi = 4\pi \text{ rad}$ .

#### 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)

Frecuencia

Lonxitude de onda

Número de onda

#### 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

#### Cifras significativas: 3

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

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

$v_p$

$\Delta\phi$

$\omega$

$f$

$\lambda$

$k$

$y = A \cdot \sin(\omega \cdot t \pm k \cdot x)$

$k = 2\pi / \lambda$

$\omega = 2\pi \cdot f$

$v_p = \lambda \cdot f$

#### Solución:

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

$$y = A \cdot \sin(\omega \cdot t \pm k \cdot x)$$

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

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:

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

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  $2\pi$  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  $2\pi$ , ou sexa,  $4\pi$  rad.

Os dous puntos atópanse en fase.

8. Nunha cova encóntranse restos orgánicos e ao realizar a proba do carbono-14 obsérvase que a actividade da mostra é de  $10^6$  desintegracións/s. Sabendo que o período de semidesintegración do carbono-14 é de 5730 anos, calcula:

a) A masa inicial da mostra.

b) A masa da mostra cando transcorran 4000 anos.

DATOS:  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ;  $A(^{14}\text{C}) = 14$ .

(A.B.A.U. ord. 20)

Rta.: a)  $m_0 = 6,06 \text{ } \mu\text{g}$ ; b)  $m = 3,74 \text{ } \mu\text{g}$ .

### Datos

Período de semidesintegración

Actividade da mostra

Tempo para calcular a actividade

Masa atómica do  $^{14}\text{C}$

Número de Avogadro

### Incógnitas

Masa inicial da mostra

Masa aos 4000 anos

### Outros símbolos

Constante de desintegración radioactiva

### Ecuacións

Lei da desintegración radioactiva

Cando  $t = T_{1/2}$ ,  $N = N_0 / 2$

Actividade radioactiva

### Cifras significativas: 3

$$T_{1/2} = 5730 \text{ anos} = 1,81 \cdot 10^{11} \text{ s}$$

$$A_0 = 1,00 \cdot 10^6 \text{ Bq}$$

$$t = 4000 \text{ anos} = 1,26 \cdot 10^{11} \text{ s}$$

$$M = 14,0 \text{ g/mol}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$m_0$$

$$A$$

$$\lambda$$

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

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

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

$$A = -dN / dt = \lambda \cdot N$$

### Solución:

a) Pódese calcular o número de átomos  $N$  a partir da expresión da actividade radioactiva:  $A = \lambda \cdot N$ .

Antes hai que calcular a constante  $\lambda$  de desintegración radioactiva, a partir do período de semidesintegración

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{1,81 \cdot 10^{11} \text{ [s]}} = 3,83 \cdot 10^{-12} \text{ s}^{-1} = 0,000175 \text{ ano}^{-1}$$

$$N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{1,00 \cdot 10^6 \text{ [Bq]}}{3,83 \cdot 10^{-12} \text{ [s}^{-1}\text{]}} = 2,61 \cdot 10^{17} \text{ átomos}$$

A masa é proporcional á cantidade de átomos:

$$m_0 = \frac{N_0}{N_A} \cdot M = \frac{2,61 \cdot 10^{17} \text{ [átomos]}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ [átomos/mol]}} \cdot 14,0 \text{ [g/mol]} = 6,06 \cdot 10^{-6} \text{ g} = 6,06 \text{ } \mu\text{g}$$

*Análise:* Coa nula precisión do dato da actividade,  $10^6$  Bq, o resultado podería ser calquera ente  $0,1 \text{ } \mu\text{g}$  e  $10 \text{ } \mu\text{g}$ .

b) Como a masa é proporcional á cantidade de núcleos pódese obter unha expresión similar á lei da desintegración radioactiva,  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ , na que aparece a masa no canto da cantidade de átomos. A constante de proporcionalidade é:  $N_A / M$ , o número de átomos que hai na unidade de masa dese elemento, onde  $N_A$  é o número de Avogadro e  $M$  é a masa atómica do elemento.

$$N = m \cdot N_A / M$$

$$m \frac{N_A}{M} = m_0 \frac{N_A}{M} e^{-\lambda t}$$

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = 6,06 \cdot 10^{-6} \text{ [g]} \cdot e^{-0,000175 \text{ [ano]}^{-1} \cdot 4000 \text{ [ano]}} = 3,74 \cdot 10^{-6} \text{ g} = 3,74 \text{ } \mu\text{g}$$

Cuestións e problemas das [Probas de avaliación do 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](#) ou [OpenOffice](#) 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 o chat de Bing e empregáronse algunhas respostas nas cuestións.

Actualizado: 23/07/23

