



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

XUÑO 2018

## FÍSICA

Puntuación máxima: Cuestiones 4 puntos (1 cada cuestión, teórica o práctica). Problemas 6 puntos (1 cada apartado). No se valorará la simple anotación de un ítem como solución a las cuestiones. Las respuestas han de ser razonadas. El/la alumno/a elegirá una de las dos opciones.

### OPCIÓN A

**C.1.** Para las ondas sonoras, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es cierta?: A) Se propagan en el vacío. B) No se pueden polarizar. C) No se pueden reflejar.

**C.2.** Si la masa de un planeta es el doble de la masa de la Tierra y el radio es cuatro veces mayor que el de la Tierra, la aceleración de la gravedad en ese planeta con respecto a la de la Tierra es: A) 1/4. B) 1/8. C) 1/16.

**C.3.** Si una partícula cargada de masa despreciable penetra en un campo magnético uniforme con una velocidad que forma un ángulo de  $180^\circ$  con las líneas del campo, la trayectoria que describe la partícula es: A) Rectilínea. B) Circular. C) Parabólica.

**C.4.** Haz un esquema del montaje experimental necesario para medir la longitud de onda de una luz monocromática y describe el procedimiento. Explica qué sucede si cambias la red de difracción por otra con el doble número de líneas por milímetro.

**P.1.** Una esfera conductora de radio 4 cm tiene una carga de  $+8 \mu\text{C}$  en equilibrio electrostático. Calcula cuánto valen en puntos que distan 0, 2 y 6 cm del centro de la esfera: a) El módulo de la intensidad del campo electrostático. b) El potencial electrostático. c) Representa las magnitudes anteriores en función de la distancia al centro de la esfera. DATO:  $K = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ .

**P.2.** El  $^{131}\text{I}$  es un isótopo radiactivo que se utiliza en medicina para el tratamiento del hipertiroidismo. Su periodo de semidesintegración es de 8 días. Si inicialmente se dispone de una muestra de 20 mg de  $^{131}\text{I}$ : a) Calcula la masa que queda sin desintegrar después de estar almacenada en un hospital 50 días. b) Representa en una gráfica, de forma cualitativa, la variación de la masa en función del tiempo. c) ¿Cuál es la actividad inicial de 2 mg de  $^{131}\text{I}$ ? DATO:  $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

### OPCIÓN B

**C.1.** Si aplicamos el teorema de Gauss al campo electrostático, el flujo del campo a través de una superficie cerrada depende: A) De la localización de las cargas dentro de la superficie gaussiana. B) De la carga neta encerrada por la superficie gaussiana. C) De la carga neta situada tanto dentro como fuera de la superficie gaussiana.

**C.2.** Un satélite describe una órbita elíptica alrededor de la Tierra. Considerando su posición en dos puntos de la órbita, se cumple: A) La velocidad orbital del satélite es la misma en ambos puntos. B) La energía mecánica del satélite es la misma en ambos puntos. C) El momento angular del satélite respecto al centro de la Tierra es distinto en ambos puntos.

**C.3.** Una onda incide sobre la superficie de separación de dos medios. Las velocidades de propagación de la onda en el primer y segundo medio son, respectivamente,  $1750 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  y  $2300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Si el ángulo de reflexión es  $45^\circ$ , el de refracción será: A)  $68^\circ$ . B)  $22^\circ$ . C)  $45^\circ$ . DATO:  $c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

**C.4.** Se midieron en el laboratorio los siguientes valores para las distancias objeto e imagen de una lente convergente:

N.º exp,	1	2	3	4
s(cm)	33,9	39,0	41,9	49,3
s'(cm)	84,7	64,3	58,6	48,0

Determina el valor de la potencia de la lente. Estima su incertidumbre.

**P.1.** Una radiación monocromática que tiene una longitud de onda de 600 nm penetra en una célula fotoeléctrica de cátodo de cesio cuyo trabajo de extracción es  $3,2 \times 10^{-19} \text{ J}$ . Calcula: a) La longitud de onda umbral para el cesio. b) La energía cinética máxima de los electrones emitidos. c) El potencial de frenado. DATOS:  $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ;  $c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;  $q_e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$

**P.2.** Dos hilos conductores muy largos, rectilíneos y paralelos, se disponen verticalmente separados 8 cm. Por el conductor situado a la izquierda circula una corriente de intensidad 30 A, y por el situado a la derecha, otra de 20 A, ambas hacia arriba. Calcula: a) El campo de inducción magnética en el punto medio entre los dos conductores; b) La fuerza por unidad de longitud ejercida sobre un tercer conductor vertical situado entre los dos conductores iniciales, a 3 cm del conductor de la izquierda, por el que circula una corriente de 10 A dirigida hacia abajo. c) ¿Es conservativo el campo magnético creado por el conductor? Justifícalo. DATO:  $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$ .

## Soluciones

### OPCIÓN A

C.1. Para las ondas sonoras, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es cierta?:

- A) Se propagan en el vacío.
- B) No se pueden polarizar.
- C) No se pueden reflejar.

(A.B.A.U. ord. 18)

**Solución:** B

Las ondas sonoras son longitudinales porque la dirección en la que se propaga el sonido es la misma que la dirección en la que oscilan las partículas del medio.

Si pensamos en el sonido producido por una superficie plana (la piel de un tambor, la pantalla de un altavoz), la vibración de la superficie empuja a las partículas del medio (moléculas de aire) que se desplazan hasta chocar con otras vecinas y rebotar, en la dirección en la que oscila la superficie y en la que se desplaza el sonido.

La polarización es una característica de las ondas transversales. Una onda es transversal cuando la dirección de oscilación es perpendicular a la dirección de propagación de la onda. La polarización consiste en que la oscilación de la onda ocurre en un único plano.

Las ondas sonoras, al ser longitudinales y no transversales, no pueden polarizarse.

Las otras opciones:

A. Falsa. No se propagan en el vacío. Un dispositivo que lo confirma es un despertador colocado dentro de un recipiente en el que se hace el vacío. Se hace sonar y va haciéndose el vacío en el recipiente. Se ve como el timbre del despertador sigue golpeando la campana, pero el sonido se va haciendo más débil hasta desaparecer.

C. Falsa. Un ejemplo es el eco, que consiste en el sonido que oímos con retraso respecto al emitido, porque las ondas sonoras se ha reflejado en una pared o muro.

C.2. Si la masa de un planeta es el doble de la masa de la Tierra y el radio es cuatro veces mayor que el de la Tierra, la aceleración de la gravedad en ese planeta con respecto a la de la Tierra es:

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

(A.B.A.U. ord. 18)

**Solución:** B

La fuerza gravitatoria,  $\vec{F}_G$ , que ejerce un objeto de masa  $M$ , sobre otro objeto de masa  $m$  que se encuentra a una distancia  $r$ , se rige por la ley de Newton de la gravitación universal:

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

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

Para un planeta de masa  $M$ , y radio  $R$ , la expresión, en módulos, de la fuerza gravitatoria en un punto de su superficie es:

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

Si la única fuerza es la gravitatoria, la aceleración de la gravedad se obtiene de la segunda ley de Newton, que dice que la fuerza resultante sobre un objeto produce una aceleración directamente proporcional a la fuerza, siendo la masa,  $m$ , del objeto la constante de proporcionalidad.

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

Expresada para los módulos, queda:

$$|\sum \vec{F}| = m \cdot |\vec{a}| \Rightarrow F_G = m \cdot g$$

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

$$g = \frac{F_G}{m} = \frac{G \frac{M \cdot \cancel{m}}{R^2}}{\cancel{m}} = G \frac{M}{R^2}$$

La aceleración de la gravedad,  $g$ , en un punto de la superficie de un planeta de masa  $M$ , y radio  $R$ , es directamente proporcional a la masa del planeta e inversamente proporcional al cuadrado de su radio.

Si la masa de un planeta es el doble de la masa de la Tierra y el radio es cuatro veces mayor que el de la Tierra, la aceleración,  $g$ , de la gravedad en su superficie será la octava parte de la gravedad en la Tierra.

$$g_P = G \frac{M_P}{R_P^2} = G \frac{2 \cdot M_T}{(4 \cdot R_T)^2} = \frac{2}{16} G \frac{M_T}{R_T^2} = \frac{g_T}{8}$$

C.3. Si una partícula cargada de masa despreciable penetra en un campo magnético uniforme con una velocidad que forma un ángulo de  $180^\circ$  con las líneas del campo, la trayectoria que describe la partícula es:

- A) Rectilínea.
- B) Circular.
- C) Parabólica.

(A.B.A.U. ord. 18)

**Solución:** A

La fuerza magnética,  $\vec{F}_B$ , sobre una carga,  $q$ , que se desplaza en el interior de un campo magnético,  $\vec{B}$ , con una velocidad,  $\vec{v}$ , viene dada por la ley de Lorentz:

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

El módulo del producto vectorial de los vectores velocidad e inducción magnética es:

$$|\vec{v} \times \vec{B}| = |\vec{v}| \cdot |\vec{B}| \cdot \sin \varphi$$

Donde  $\varphi$  es el ángulo que forman esos vectores. Si  $\varphi = 180^\circ$ , entonces  $\sin \varphi = 0$  y la fuerza es nula, por lo que la partícula no se desvía. La trayectoria será rectilínea.

C.4. Haz un esquema del montaje experimental necesario para medir la longitud de onda de una luz monocromática y describe el procedimiento. Explica qué sucede si cambias la red de difracción por otra con el doble número de líneas por milímetro.

(A.B.A.U. ord. 18)

**Solución:**

[INTERFERENCIA E DIFRACCIÓN](#) en [Prácticas: Orientacións xerais](#) del Grupo de Trabajo.

La separación entre máximos se hace el doble.

P.1. Una esfera conductora de radio 4 cm tiene una carga de  $+8 \mu\text{C}$  en equilibrio electrostático. Calcula cuánto valen en puntos que distan 0, 2 y 6 cm del centro de la esfera:

- a) El módulo de la intensidad del campo electrostático.
- b) El potencial electrostático.
- c) Representa las magnitudes anteriores en función de la distancia al centro de la esfera.

Dato:  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ .

(A.B.A.U. ord. 18)

**Rta.:** a)  $|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2| = 0$ ;  $|\vec{E}_3| = 2,00 \cdot 10^7 \text{ N/C}$ ; b)  $V_1 = V_2 = 1,80 \cdot 10^6 \text{ V}$ ;  $V_3 = 1,20 \cdot 10^6 \text{ V}$ .

**Datos**

Carga de la esfera

Radio de la esfera

Distancias al centro de la esfera: punto interior 1

**Cifras significativas: 3**

$Q = 8,00 \mu\text{C} = 8,00 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

$R = 4,00 \text{ cm} = 0,0400 \text{ m}$

$r_1 = 0 \text{ cm} = 0 \text{ m}$

**Datos**

punto interior 2  
punto exterior

Constante de Coulomb

**Incógnitas**

Intensidad del campo eléctrico en los puntos 1, 2 y 3

Potencial eléctrico en los puntos 1, 2 y 3

**Ecuaciones**

Campo eléctrico en un punto a una distancia,  $r$ , de una carga puntual,  $Q$   $\vec{E} = K \frac{Q}{r^2} \vec{u}_r$

Potencial eléctrico en un punto a una distancia,  $r$ , de una carga puntual,  $Q$   $V = K \frac{Q}{r}$

**Cifras significativas: 3**

$$r_2 = 2,00 \text{ cm} = 0,0200 \text{ m}$$

$$r_3 = 6,00 \text{ cm} = 0,0600 \text{ m}$$

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

$$\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3$$

$$V_1, V_2, V_3$$

**Solución:**

a) El módulo de la intensidad del campo eléctrico en los puntos 1 y 2, que se encuentran en el interior a 0 y 2 cm del centro de la esfera, es nulo porque el conductor se encuentra en equilibrio y todas las cargas se encuentran en la superficie de la esfera.

El módulo de la intensidad del campo eléctrico en el punto 3, a 6 cm del centro de la esfera, es el mismo que si la carga fuera puntual.

La fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales,  $Q$  y  $q$ , separadas por una distancia,  $r$ , viene dada por la ley de Coulomb, en la que  $K$  es la constante de Coulomb y  $\vec{u}_r$  el vector unitario en la línea que une las cargas.

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

El campo eléctrico en un punto situado a una distancia,  $r$ , de una carga puntual,  $Q$ , es la fuerza sobre la unidad de carga positiva situada en ese punto:

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

$$|\vec{E}_3| = 9,00 \cdot 10^9 [\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}] \frac{8,00 \cdot 10^{-6} [\text{C}]}{(0,060 \text{ m})^2} = 2,00 \cdot 10^7 \text{ N/C}$$

b) El potencial eléctrico en los puntos 1 y 2 es el mismo que el potencial en la superficie de la esfera, que vale lo mismo que el creado por una carga puntual,  $Q$ , situada en el centro de la esfera:

La ecuación del potencial eléctrico en un punto situado a una distancia,  $r$ , de una carga puntual,  $Q$ , es:

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

$K$  es la constante de Coulomb.

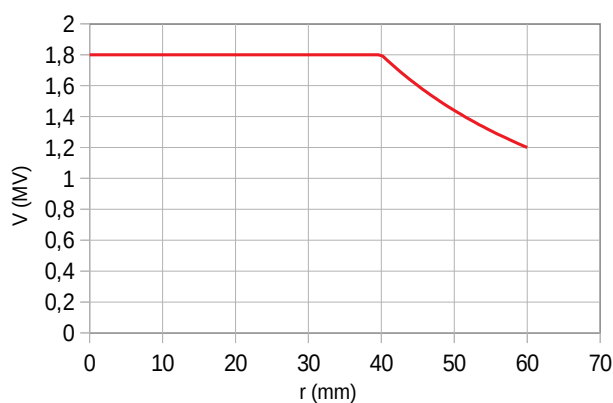
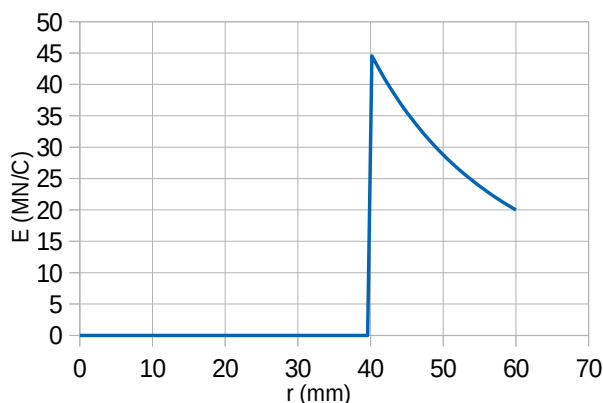
$$V_1 = V_2 = 9,00 \cdot 10^9 [\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}] \frac{8,00 \cdot 10^{-6} [\text{C}]}{(0,040 \text{ m})} = 1,80 \cdot 10^6 \text{ V}$$

El potencial eléctrico en el punto 3 es el mismo que si la carga fuera puntual.

$$V_3 = 9,00 \cdot 10^9 [\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}] \frac{8,00 \cdot 10^{-6} [\text{C}]}{(0,060 \text{ m})} = 1,20 \cdot 10^6 \text{ V}$$

c) La gráfica de la izquierda representa la variación del valor campo eléctrico con la distancia al centro de la esfera. El campo vale cero para distancias inferiores al radio de la esfera, es máxima para el radio, y disminuye de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia para valores mayores.

La gráfica de la derecha representa la variación del potencial eléctrico con la distancia al centro de la esfera. El potencial es constante para distancias inferiores o iguales al radio de la esfera y disminuye de forma inversamente proporcional a la distancia para valores mayores.



P.2. El  $^{131}\text{I}$  es un isótopo radiactivo que se utiliza en medicina para el tratamiento del hipertiroidismo. Su periodo de semidesintegración es de 8 días. Si inicialmente se dispone de una muestra de 20 mg de  $^{131}\text{I}$ :

- Calcula la masa que queda sin desintegrar después de estar almacenada en un hospital 50 días.
- Representa en una gráfica, de forma cualitativa, la variación de la masa en función del tiempo.
- ¿Cuál es la actividad inicial de 2 mg de  $^{131}\text{I}$ ?

DATO:  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

(A.B.A.U. ord. 18)

Rta.: a)  $m = 0,263 \text{ mg}$ ; c)  $A = 9,22 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$ .

### Datos

Período de semidesintegración

Masa de la muestra

Número de Avogadro

Masa atómica del yodo

Tiempo transcurrido

### Incógnitas

Masa que queda sin desintegrar después de 50 días

Actividad inicial de 2 mg de  $^{131}\text{I}$

### Otros símbolos

Constante de desintegración radiactiva

### Ecuaciones

Ley de la desintegración radiactiva

Relación entre el período de semidesintegración y la constante de desintegración  $T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$

Actividad radiactiva

### Cifras significativas: 3

$T_{1/2} = 8,00 \text{ días} = 6,91 \cdot 10^5 \text{ s}$

$m_0 = 20,0 \text{ mg}$

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

$M = 131 \text{ g/mol}$

$t = 50 \text{ días} = 4,32 \cdot 10^6 \text{ s}$

$m$

$A$

$\lambda$

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

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

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

### Solución:

El período de semidesintegración de una sustancia radiactiva es el tiempo que transcurre hasta que solo queda la mitad de la muestra original. Cuando  $t = T_{1/2}$ ,  $N = N_0 / 2$ .

Poniendo en la ecuación logarítmica:  $(2 N)$  en lugar de  $N_0$ , y  $T_{1/2}$  en vez de  $t$ , queda:

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

a) Se calcula el período de semidesintegración en segundos:

$$T_{1/2} = 8,00 \text{ [días]} \frac{24,0 \text{ [h]}}{1 \text{ [día]}} \frac{3600 \text{ [s]}}{1 \text{ [h]}} = 6,91 \cdot 10^5 \text{ s}$$

Se calcula la constante radiactiva a partir del período de semidesintegración:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{6,91 \cdot 10^5 \text{ [s]}} = 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

Se deduce la ley de la desintegración radiactiva en función de la masa.

Como la masa,  $m$ , es proporcional a la cantidad de átomos,  $N$ : ( $m = N \cdot M / N_A$ ), se puede obtener una expresión similar a la ley de desintegración,  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ , multiplicando ambos miembros por  $(M / N_A)$ :

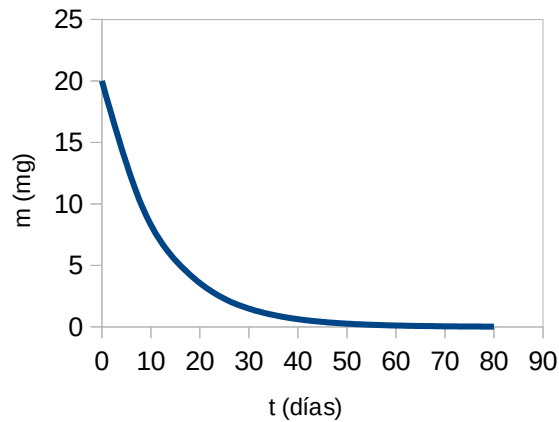
$$N \cdot \frac{M}{N_A} = N_0 \cdot \frac{M}{N_A} e^{-\lambda t} \Rightarrow m = m_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$N_A$  es el número de Avogadro y  $M$  es la masa atómica del elemento.

Se calcula la masa que queda sin desintegrar después de estar almacenada en un hospital 50 días:

$$m = m_0 e^{-\lambda t} = 20,0 \text{ [mg]} \cdot e^{-1,00 \cdot 10^{-6} [\text{s}^{-1}] \cdot 4,32 \cdot 10^6 [\text{s}]} = 0,263 \text{ mg}$$

b) La gráfica es una función exponencial decreciente.



c) Para calcular la actividad se calcula primero el número de átomos que hay en 2 mg de  $^{131}\text{I}$ :

$$N = 2,00 \cdot 10^{-3} \text{ g } ^{131}\text{I} \frac{1 \text{ mol } ^{131}\text{I}}{131 \text{ g } ^{131}\text{I}} \frac{6,02 \cdot 10^{23} \text{ átomos } ^{131}\text{I}}{1 \text{ mol } ^{131}\text{I}} \frac{1 \text{ núcleo } ^{131}\text{I}}{1 \text{ átomo } ^{131}\text{I}} = 9,19 \cdot 10^{18} \text{ núcleos } ^{131}\text{I}$$

Se calcula ahora la actividad:

$$A = \lambda \cdot N = 1,00 \cdot 10^{-6} [\text{s}^{-1}] \cdot 9,19 \cdot 10^{18} [\text{núcleos}] = 9,22 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$$

### OPCIÓN B

C.1. Si aplicamos el teorema de Gauss al campo electrostático, el flujo del campo a través de una superficie cerrada depende:

- A) De la localización de las cargas dentro de la superficie gaussiana.
- B) De la carga neta encerrada por la superficie gaussiana.
- C) De la carga neta situada tanto dentro como fuera de la superficie gaussiana.

(A.B.A.U. ord. 18)

**Solución:** B

El flujo del vector campo eléctrico,  $\vec{E}$ , que atraviesa una superficie cerrada es:

$$\Phi = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

El teorema de Gauss dice que el flujo del campo a través de una superficie cerrada es proporcional a la carga encerrada:

$$\Phi = \frac{Q_{\text{encerrada}}}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

C.2. Un satélite describe una órbita elíptica alrededor de la Tierra. Considerando su posición en dos puntos de la órbita, se cumple:

- A) La velocidad orbital del satélite es la misma en ambos puntos.
- B) La energía mecánica del satélite es la misma en ambos puntos.
- C) El momento angular del satélite respecto al centro de la Tierra es distinto en ambos puntos.

(A.B.A.U. ord. 18)

**Solución:** B

El campo gravitatorio es un campo de fuerzas conservativo. El trabajo de la fuerza gravitatoria, cuando una masa se desplaza de un punto 1 a un punto 2, es independiente del camino seguido y solo depende de los puntos inicial y final. Se define una magnitud llamada energía potencial,  $E_p$ , de forma que el trabajo,  $W$ , de la fuerza gravitatoria es igual a la variación (cambiada de signo) de la energía potencial.

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

Como el trabajo de la fuerza resultante es, por el principio de la energía cinética, igual a la variación de energía cinética:

$$W(\text{resultante}) = E_{c2} - E_{c1} = \Delta E_c$$

Si la única fuerza que realiza trabajo es la fuerza gravitatoria, ambos trabajos son iguales:

$$W_{1 \rightarrow 2} = W(\text{resultante})$$

$$E_{p1} - E_{p2} = E_{c2} - E_{c1}$$

$$E_{p1} + E_{c1} = E_{p2} + E_{c2}$$

La energía mecánica (suma de la energía cinética y potencial) se conserva.

Las otras opciones:

A y C. Falsas. El [momento angular del satélite](#) respecto a la Tierra es constante.

Si el momento angular es constante, al variar la distancia,  $\bar{r}$ , del satélite a la Tierra, también variará su velocidad,  $\bar{v}$ .

C.3. Una onda incide sobre la superficie de separación de dos medios. Las velocidades de propagación de la onda en el primer y segundo medio son, respectivamente,  $1750 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  y  $2300 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Si el ángulo de reflexión es  $45^\circ$ , el de refracción será:

A)  $68^\circ$

B)  $22^\circ$

C)  $45^\circ$

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

(A.B.A.U. ord. 18)

**Solución:** A

#### Datos

Velocidad de la onda en el primer medio

Velocidad de la onda en el segundo medio

Ángulo de reflexión

#### Incógnitas

Ángulo de refracción

#### Ecuaciones

Índice de refracción de un medio  $i$  en el que la luz se desplaza a la velocidad  $v_i$   $n_i = \frac{c}{v_i}$

Ley de Snell de la refracción

#### Cifras significativas: 3

$$v_1 = 1750 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$v_2 = 2300 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$\theta_{rx} = 45,0^\circ$$

$$\theta_r$$

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

**Solución:**

Para calcular el ángulo de refracción habrá que aplicar la ley de Snell de la refracción:

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

Como los datos son las velocidades de propagación de la onda en ambos medios, reescribimos esta ecuación en función de la velocidad, teniendo en cuenta que:

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

$$\frac{\sin \theta_1}{v_1} = \frac{\sin \theta_2}{v_2}$$

La ley de Snell de la reflexión dice que los ángulos de incidencia y de reflexión son iguales. Por tanto, el ángulo de incidencia vale  $\theta_i = 45,0^\circ$ .

La ecuación anterior queda:

$$\frac{\sin 45,0^\circ}{1750} = \frac{\sin \theta_r}{2300}$$

$$\sin \theta_r = 0,929$$

$$\theta_i = \arcsen 0,929 = 68,3^\circ$$

C.4. Se midieron en el laboratorio los siguientes valores para las distancias objeto e imagen de una lente convergente:

Determina el valor de la potencia de la lente. Estima su incertidumbre.

(A.B.A.U. ord. 18)

N.º exp,	1	2	3	4
s(cm)	33,9	39,0	41,9	49,3
s'(cm)	84,7	64,3	58,6	48,0

**Solución:**

Se sustituyen los valores de s y s' en la ecuación de las lentes

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f}$$

Se calcula el inverso de la distancia focal (potencia) y el valor de la distancia focal para cada par de datos.

s (cm)	s' (cm)	s (m)	s' (m)	1/s (m <sup>-1</sup> )	1/s' (m <sup>-1</sup> )	1/f (m <sup>-1</sup> )	f (m)
-33,9	84,7	-0,339	0,847	-2,95	1,18	4,13	0,242
-39,0	64,3	-0,390	0,643	-2,56	1,56	4,12	0,243
-41,9	58,6	-0,419	0,586	-2,39	1,71	4,09	0,244
-49,3	48,0	-0,493	0,480	-2,03	2,08	4,11	0,243

El valor medio de la potencia es:  $P = 1 / f = 4,11 \text{ m}^{-1} = 4,11 \text{ dioptrías}$ .

La estimación de las incertidumbres se limita al uso apropiado de las cifras significativas.

$$P = (4,11 \pm 0,01) \text{ dioptrías.}$$

P.1. Una radiación monocromática que tiene una longitud de onda de 600 nm penetra en una célula fotoeléctrica de cátodo de cesio cuyo trabajo de extracción es  $3,2 \times 10^{-19} \text{ J}$ . Calcula:

- La longitud de onda umbral para el cesio.
- La energía cinética máxima de los electrones emitidos.
- El potencial de frenado.

DATOS:  $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ;  $c = 3 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $q_e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ .

(A.B.A.U. ord. 18)

**Rta.:** a)  $\lambda_0 = 621 \text{ nm}$ ; b)  $E_c = 1,1 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ ; c)  $V = 0,069 \text{ V}$ .

**Datos**

Longitud de onda de la radiación

Trabajo de extracción del metal

Constante de Planck

Velocidad de la luz en el vacío

Carga del electrón

**Incógnitas**

Longitud de onda umbral

Energía cinética máxima con la que son emitidos los electrones

Potencial de frenado

**Ecuaciones**

Ecuación de Planck (energía del fotón)

Ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico

**Cifras significativas: 3**

$$\lambda = 600 \text{ nm} = 6,00 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$W_e = 3,20 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

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

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

$$\lambda_0$$

$$E_c$$

$$V$$

$$E_f = h \cdot f$$

$$E_f = W_e + E_c$$



### Ecuaciones

Relación entre la frecuencia de una onda luminosa y su longitud de onda

$$c = f \cdot \lambda$$

Energía cinética

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

Relación entre la energía cinética de los electrones y el potencial de frenado

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

### Solución:

Cuando la luz interacciona con el metal de la célula fotoeléctrica lo hace como si fuese un chorro de partículas llamadas fotones (paquetes de energía).

Cada fotón choca con un electrón y le transmite toda su energía.

Para que se produzca efecto fotoeléctrico, los electrones emitidos deben tener energía suficiente para llegar al anticátodo, lo que ocurre cuando la energía del fotón es mayor que el trabajo de extracción, que es una característica del metal.

La ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico puede escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

En la ecuación,  $E_f$  representa la energía del fotón incidente,  $W_e$  el trabajo de extracción del metal y  $E_c$  la energía cinética máxima de los electrones (fotoelectrones) emitidos.

La energía que lleva un fotón de frecuencia  $f$  es:

$$E_f = h \cdot f$$

$h$  es la constante de Planck y tiene un valor muy pequeño:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s.

a) La longitud de onda umbral corresponde a una radiación con la energía mínima para provocar el efecto fotoeléctrico. Combinando las ecuaciones de Planck y Einstein, se obtiene la frecuencia umbral:

En la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico se sustituye la energía del fotón por su equivalente en la ecuación de Planck:

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

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

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

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

$$W_e = h \cdot f_0$$

Se calcula la frecuencia despejándola de la ecuación anterior:

$$f_0 = \frac{W_e}{h} = \frac{3,20 \cdot 10^{-19} \text{ [J]}}{6,62 \cdot 10^{-24} \text{ [J.s]}} = 4,83 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

Se calcula la longitud de onda umbral, despejándola de la relación entre la frecuencia y la longitud de onda:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3,00 \cdot 10^8 \text{ [m.s}^{-1}\text{]}}{4,83 \cdot 10^{14} \text{ [s}^{-1}\text{]}} = 6,21 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 621 \text{ nm}$$

c) Para calcular la energía cinética máxima de los electrones emitidos se usa la ecuación de Einstein:

$$E_c = E_f - W_e$$

Se calcula antes la energía de los fotones, después de sustituir la frecuencia por su expresión en función de la longitud de onda:

$$E_f = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ [J.s]} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \text{ [m.s}^{-1}\text{]}}{6,00 \cdot 10^{-7} \text{ [m]}} = 3,31 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Se calcula entonces la energía cinética máxima de los electrones emitidos:

$$E_c = 3,31 \cdot 10^{-19} \text{ [J]} - 3,20 \cdot 10^{-19} \text{ [J]} = 1,1 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

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

$$E_c = |e| \cdot V \Rightarrow V = \frac{E_c}{|e|} = \frac{1,1 \cdot 10^{-20} [\text{J}]}{1,60 \cdot 10^{-19} [\text{C}]} = 0,069 \text{ V}$$

P.2. Dos hilos conductores muy largos, rectilíneos y paralelos, se disponen verticalmente separados 8 cm. Por el conductor situado a la izquierda circula una corriente de intensidad 30 A, y por el situado a la derecha, otra de 20 A, ambas hacia arriba. Calcula:

- El campo de inducción magnética en el punto medio entre los dos conductores.
- La fuerza por unidad de longitud ejercida sobre un tercer conductor vertical situado entre los dos conductores iniciales, a 3 cm del conductor de la izquierda, por el que circula una corriente de 10 A dirigida hacia abajo.
- ¿Es conservativo el campo magnético creado por el conductor? Justifícalo.

DATO:  $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$ .

(A.B.A.U. ord. 18)

Rta.: a)  $\vec{B}$  =  $5,00 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ ; b)  $\vec{F} / l$  =  $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$  hacia el 2º conductor.

### Datos

Intensidad de corriente por el conductor 1

Intensidad de corriente por el conductor 2

Distancia entre los conductores

Permeabilidad magnética del vacío

Intensidad de corriente por el conductor 3

Distancia del conductor 3 al conductor 1

### Incógnitas

Campo magnético en el punto medio entre los dos conductores

Fuerza por unidad de longitud ejercida sobre un conductor 3 a 3 cm del 1

### Ecuaciones

Ley de Biot-Savart: campo magnético  $\vec{B}$  creado a una distancia  $r$  por un conductor recto por el que circula una intensidad de corriente  $I$

Principio de superposición:

Ley de Laplace: fuerza magnética que ejerce un campo magnético,  $\vec{B}$ , sobre un tramo,  $l$ , de conductor recto por el que circula una intensidad de corriente,  $I$

### Cifras significativas: 3

$I_1 = 30,0 \text{ A}$

$I_2 = 20,0 \text{ A}$

$d = 8,00 \text{ cm} = 0,0800 \text{ m}$

$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$

$I_C = 10,0 \text{ A}$

$d_{31} = 3,00 \text{ cm} = 0,0300 \text{ m}$

$\vec{B}$

$\vec{F}_3$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot r}$$

$$\vec{B} = \sum \vec{B}_i$$

$$\vec{F}_B = I(\vec{l} \times \vec{B})$$

### Solución:

a) El valor del campo magnético,  $\vec{B}$ , creado a una distancia,  $r$ , por un conductor recto por lo que circula una intensidad de corriente,  $I$ , viene dado por la ley de Biot-Savart:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot r}$$

El campo magnético creado por un conductor rectilíneo es circular y su sentido viene dado por la regla de la mano derecha: el sentido del campo magnético es el de cierre de la mano derecha cuando el pulgar apunta en el sentido de la corriente.

En el diagrama se dibujan los campos magnéticos  $\vec{B}_1$  y  $\vec{B}_2$  creados por ambos conductores en el punto medio 4.

El campo magnético creado por el conductor 1 en el punto 4 equidistante de ambos conductores es:

$$\vec{B}_{1 \rightarrow 4} = \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2\pi \cdot r_{14}} (-\vec{k}) = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} [\text{T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}] \cdot 30,0 [\text{A}]}{2\pi \cdot 0,040 [\text{m}]} (-\vec{k}) = -1,50 \cdot 10^{-4} \vec{k} \text{ T}$$

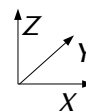
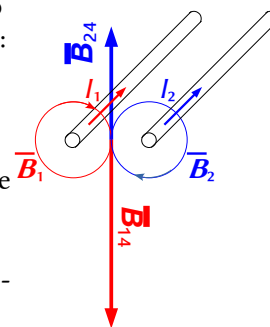
El campo magnético creado por el conductor 2 en el punto 4 equidistante de ambos conductores es:

$$\vec{B}_{2 \rightarrow 4} = \frac{\mu_0 \cdot I_2}{2\pi \cdot r_{24}} \vec{k} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} [\text{T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}] \cdot 20,0 [\text{A}]}{2\pi \cdot 0,040 [\text{m}]} \vec{k} = 1,00 \cdot 10^{-4} \vec{k} \text{ T}$$

El campo magnético resultante es la suma vectorial de ambos:

$$\vec{B} = \vec{B}_{1 \rightarrow 4} + \vec{B}_{2 \rightarrow 4} = -1,50 \cdot 10^{-4} \vec{k} [\text{T}] + 1,00 \cdot 10^{-4} \vec{k} [\text{T}] = -5,00 \cdot 10^{-5} \vec{k} \text{ T}$$

b) En el diagrama se dibujan los campos magnéticos  $\vec{B}_1$  y  $\vec{B}_2$  creados por ambos conductores en el punto 5, situado a 3 cm del conductor de la izquierda.



El campo magnético creado por el conductor 1 en el punto 5 a 3 cm de él es:

$$\vec{B}_{1 \rightarrow 5} = \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2\pi \cdot r_{15}} (-\vec{k}) = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} [\text{T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}] \cdot 30,0 [\text{A}]}{2\pi \cdot 0,030 [\text{m}]} (-\vec{k}) = -2,00 \cdot 10^{-4} \vec{k} \text{ T}$$

El campo magnético creado por el conductor 2 en el punto 5, a 5 cm de él es:

$$\vec{B}_{2 \rightarrow 5} = \frac{\mu_0 \cdot I_2}{2\pi \cdot r_{25}} \vec{k} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} [\text{T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}] \cdot 20,0 [\text{A}]}{2\pi \cdot 0,050 [\text{m}]} \vec{k} = 8,00 \cdot 10^{-5} \vec{k} \text{ T}$$

El campo magnético resultante es la suma vectorial de ambos:

$$\vec{B}_5 = \vec{B}_{1 \rightarrow 5} + \vec{B}_{2 \rightarrow 5} = -2,00 \cdot 10^{-4} \vec{k} [\text{T}] + 8,00 \cdot 10^{-5} \vec{k} [\text{T}] = -1,20 \cdot 10^{-4} \vec{k} \text{ T}$$

La fuerza por unidad de longitud que se ejerce sobre un conductor 3, situado en el punto 5, es:

$$\frac{\vec{F}}{l} = \frac{I (\vec{l} \times \vec{B}_5)}{l} = I (\vec{u}_l \times \vec{B}_5) = 10,0 [\text{A}] (-\vec{j} \times (-1,2 \cdot 10^{-4} \vec{k} [\text{T}])) = 1,2 \cdot 10^{-3} \vec{i} \text{ N/m}$$

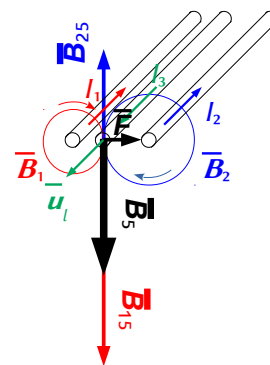
Está dirigida hacia el conductor 2, porque el sentido de la corriente es el contrario al de los otros conductores.

*Análisis: Los conductores que transportan la corriente en el mismo sentido se atraen y en sentido opuesto se repelen. Aunque sufre la repulsión de ambos conductores, la fuerza mayor es la del conductor por el que circula mayor intensidad y se encuentra más cerca, o sea el 1.*

c) No. Para que un campo vectorial sea conservativo, la circulación del campo a lo largo de una línea cerrada debe ser nula, lo que es equivalente a decir que la circulación entre dos puntos A y B es independiente del camino seguido, solo dependería de los puntos A y B.

El campo magnético  $\vec{B}$  no es conservativo. La circulación del vector  $\vec{B}$  a lo largo de una línea  $l$  cerrada no es nula. Por la ley de Ampère.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I$$



Cuestiones y problemas de las [Pruebas de evaluación de Bachillerato para el acceso a la Universidad](#) (A.B.A.U. y P.A.U.) en Galicia.

[Respuestas](#) y composición de [Alfonso J. Barbadillo Marán](#).

Algunos cálculos se hicieron con una [hoja de cálculo](#) de [LibreOffice](#) del mismo autor.

Algunas ecuaciones y las fórmulas orgánicas se construyeron con la extensión [CLC09](#) de Charles Lalanne-Cassou.

La traducción al/desde el gallego se realizó con la ayuda de [traducindote](#), de Óscar Hermida López.

Se procuró seguir las [recomendaciones](#) del Centro Español de Metrología (CEM).

Se consultó al Copilot de Microsoft Edge y se tuvieron en cuenta algunas de sus respuestas en las cuestiones.

Actualizado: 22/03/24