CiUG — COMISIÓN INTERUNIVERSITARIA DE GALICIA	PAU	Código: 25
	SETEMBRO 2015	

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 cómo solución a las cuestiones; han de ser razonadas.
Se puede usar calculadora siempre que no sea programable ni memorice texto. El alumno elegirá una de las dos opciones.

OPCIÓN A

C.1. Indica, justificando la respuesta, cuál de las siguientes afirmaciones es correcta: A) La unidad de inducción magnética es el weber (Wb). B) El campo magnético no es conservativo. C) Dos conductores rectos paralelos e indefinidos, por los que circulan corrientes I_1 e I_2 en sentido contrario, se atraen.

C.2. Para una partícula sometida a una fuerza central se verifica que: A) Se conserva su momento angular respecto al centro de fuerzas. B) El trabajo realizado por dicha fuerza depende de la trayectoria seguida entre dos puntos dados. C) Se conserva el vector momento lineal.

C.3. En el interior de una esfera conductora cargada: A) El potencial no es nulo. B) La carga no es nula. C) El campo eléctrico no es nulo.

C.4. Describe, brevemente, la práctica de óptica geométrica que realizaste en el laboratorio, ayudándote por lo menos de una marcha de rayos.

P.1. La frecuencia umbral del volframio es $1{,}30 \cdot 10^{15}$ Hz. a) Justifica que, si se ilumina su superficie con luz de longitud de onda $1{,}50 \cdot 10^{-7}$ m, se emiten electrones. b) Calcula la longitud de onda incidente para que la velocidad de los electrones emitidos sea de $4{,}50 \cdot 10^{5}$ m·s⁻¹. c) ¿Cuál es la longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones emitidos con la velocidad de $4{,}50 \cdot 10^{5}$ m·s⁻¹?
(Datos: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s; $c = 3 \cdot 10^{8}$ m·s⁻¹; $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg).

P.2. Una masa de 0,5 kg está unida al extremo de un muelle (de masa despreciable) situado sobre un plano horizontal, permaneciendo fijo el otro extremo del muelle. Para estirar el muelle una longitud de 4 cm se requiere una fuerza de 5 N. Se deja el sistema masa-muelle en libertad. Calcula: a) El trabajo realizado por la fuerza elástica desde la posición inicial x = 4 cm hasta su posición de equilibrio x = 0. b) El módulo de la velocidad de la masa cuando se encuentra a 2 cm de su posición de equilibrio. c) La frecuencia de oscilación del citado muelle si inicialmente se estira 6 cm.

OPCIÓN B

C.1. Indica, justificando la respuesta, cuál de las siguientes afirmaciones es correcta: A) La actividad de una muestra radiactiva es el número de desintegraciones que tienen lugar en 1 s. B) Período de semidesintegración y vida media tienen el mismo significado. C) La radiación gamma es la emisión de electrones por parte del núcleo de un elemento radiactivo.

C.2. Cuando un movimiento ondulatorio se refleja, su velocidad de propagación: A) Aumenta. B) Depende de la superficie de reflexión. C) No varía.

C.3. Se induce corriente en sentido horario en una espira en reposo si: A) Acercamos el polo norte o alejamos el polo sur de un imán rectangular. B) Alejamos el polo norte o acercamos el polo sur. C) Mantenemos en reposo el imán y la espira.

C.4. Determina la aceleración de la gravedad con su incertidumbre a partir de los siguientes datos experimentales:

Longitud del péndulo (m)	0,60	0,82	0,90	1,05	1,33
Tiempo de 20 oscilaciones (s)	31,25	36,44	38,23	41,06	46,41

P.1. Un satélite artificial de 500 kg de masa gira en una órbita circular a 5000 km de altura sobre la superficie de la Tierra. Calcula: a) Su velocidad orbital. b) Su energía mecánica en órbita. c) La energía que hay que comunicarle para que, partiendo de la órbita, llegue al infinito. (Datos: R_T = 6370 km; g_0 = 9,8 m·s⁻²).

P.2. Dos láminas conductoras con igual carga y signo contrario están colocadas horizontalmente y separadas 5 cm. La intensidad del campo eléctrico en su interior es $2{,}5 \cdot 10^{5}$ N·C⁻¹. Una microgota de aceite cuya masa es $4{,}90 \cdot 10^{-14}$ kg, y con carga negativa, está en equilibrio suspendida en un punto equidistante de ambas placas. a) Razona cuál de las dos láminas está cargada positivamente. b) Determina la carga de la microgota. c) Calcula la diferencia de potencial entre las láminas conductoras. (Dato: g = 9,8 m·s⁻²).

Soluciones

OPCIÓN A

C.1. Indica, justificando la respuesta, cuál de las siguientes afirmaciones es correcta:
A) La unidad de inducción magnética es el weber (Wb)
B) El campo magnético no es conservativo.
C) Dos conductores rectos paralelos e indefinidos, por los que circulan corrientes I_1 e I_2 en sentido contrario, se atraen.

(P.A.U. Sep. 15)

Solución: B

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

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

Las otras opciones:
A. Falsa. La unidad de inducción magnética es el tesla (T). El weber (Wb) es la unidad de flujo magnético.

$$\mathrm{Wb} = \mathrm{T} \cdot \mathrm{m}^2$$

C. Falsa. Se repelen. Ver respuesta de junio de 2006

C.2. Para una partícula sometida a una fuerza central se verifica que:
A) Se conserva su momento angular respecto al centro de fuerzas.
B) El trabajo realizado por dicha fuerza depende de la trayectoria seguida entre dos puntos dados.
C) Se conserva el vector momento lineal.

(P.A.U. Sep. 15)

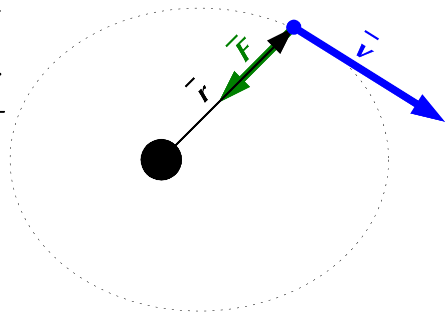
Solución: A

El momento angular $\overline{\boldsymbol{L}}_{\mathrm{O}}$ de una partícula de masa m que se mueve con una velocidad $\overline{\boldsymbol{v}}$ respecto a un punto O que se toma como origen es:

$$\overline{\boldsymbol{L}}_{\mathrm{O}} = \overline{\boldsymbol{r}} \times m \cdot \overline{\boldsymbol{v}}$$

Para estudiar su variación, derivamos con respecto al tiempo:

$$\frac{\mathrm{d}\vec{L}_{\mathrm{O}}}{\mathrm{d}\,t}=\frac{\mathrm{d}(\vec{r}\times m\cdot\vec{v})}{\mathrm{d}\,t}=\frac{\mathrm{d}\,\vec{r}}{\mathrm{d}\,t}\times m\cdot\vec{v}+\vec{r}\times\frac{\mathrm{d}(m\cdot\vec{v})}{\mathrm{d}\,t}=\vec{v}\times m\cdot\vec{v}+\vec{r}\times\vec{F}=\vec{0}+\vec{0}=\vec{0}$$



El primer sumando da el vector $\overline{\mathbf{0}}$ (cero) porque la velocidad $\overline{\boldsymbol{v}}$ y el momento lineal $m \cdot \overline{\boldsymbol{v}}$ son paralelos. El segundo sumando también da el vector $\overline{\mathbf{0}}$ porque, al ser el campo de fuerzas un campo central, el vector de posición $\overline{\boldsymbol{r}}$ con origen en el punto origen del campo y el vector fuerza (dirigido hacia ese origen) son vectores paralelos.

$$|\overline{\boldsymbol{v}} \times m \cdot \overline{\boldsymbol{v}}| = |\overline{\boldsymbol{v}}| \cdot m \cdot |\overline{\boldsymbol{v}}| \cdot \operatorname{sen} 0 = 0$$

$$|\overline{\boldsymbol{r}} \times \overline{\boldsymbol{F}}| = |\overline{\boldsymbol{r}}| \cdot |\overline{\boldsymbol{F}}| \cdot \operatorname{sen} 180° = 0$$

Cuando una partícula se mueve en un campo de fuerzas centrales, el momento angular respecto al punto origen de la fuerza es un vector constante, ya que su derivada es cero.

Las otras opciones:
B: Falsa. Una fuerza central es una fuerza conservativa.

El trabajo de una fuerza conservativa cuando la partícula se desplaza desde 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:

$$W_{1\to2} = E_{p1} - E_{p2} = -\Delta E_p$$

El trabajo de la fuerza conservativa es igual a la variación (cambiada de signo) de la energía potencial.
C. Falsa. Si la fuerza central es la fuerza resultante, por la 2ª ley de Newton, varía le momento lineal:

$$\vec{F} = \frac{\mathrm{d}\, m \cdot \vec{v}}{\mathrm{d}\, t} \neq \vec{0}$$

C.3. En el interior de una esfera conductora cargada:
A) El potencial no es nulo.
B) La carga no es nula.
C) El campo eléctrico no es nulo.

(P.A.U. Sep. 15)

Solución: A

La intensidad $\overline{\boldsymbol{E}}$ de campo electrostático en el interior de un conductor metálico en equilibrio es nula. Si no fuese así, las cargas se desplazarían debido a la fuerza del campo.
La diferencia de potencial entre dos puntos $V_1 - V_2$ es:

$$V_1 - V_2 = \int_{r_1}^{r_2} \vec{E}\, \mathrm{d}\vec{r}$$

Al ser nula la intensidad del campo, también lo será la diferencia de potencial entre dos puntos:

$$V_1 - V_2 = 0$$

O sea, el potencial será constante:

$$V_1 = V_2$$

Pero no es nulo, porque en un punto de la superficie, el campo ya no es cero, sino igual al producido por la carga como si estuviese concentrada en el centro de la esfera de radio r:

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

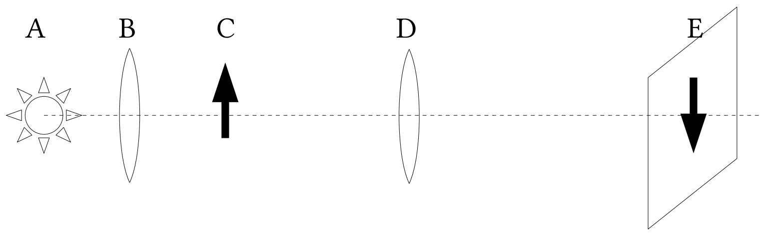
El potencial en la superficie, y también en el interior de la esfera, es igual al que produciría toda la carga concentrada en el centro de la esfera:

$$V = K \frac{Q}{r} \neq 0$$

C.4. Describe, brevemente, la práctica de óptica geométrica que realizaste en el laboratorio, ayudándote por lo menos de una marcha de rayos.

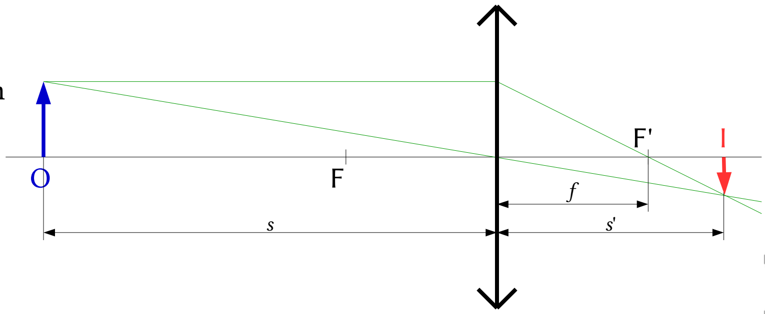
(P.A.U. Sep. 15)

Solución:



A es la fuente luminosa, B una lente convergente que se sitúa de forma que la fuente luminosa esté en el foco, para que los rayos salgan paralelos. C es el objeto, D la lente convergente de la que queremos hallar la distancia focal y E la imagen del objeto.

Para obtener una imagen real, que se pueda recoger en una pantalla, el objeto debe situarse antes del foco. En este caso la imagen es siempre invertida.



P.1. La frecuencia umbral del volframio es $1{,}30\cdot10^{15}$ Hz.

a) Justifica que, si se ilumina su superficie con luz de longitud de onda $1{,}50\cdot10^{-7}$ m, se emiten electrones.

b) Calcula la longitud de onda incidente para que la velocidad de los electrones emitidos sea de $4{,}50\cdot10^{5}$ m·s⁻¹.

c) ¿Cuál es la longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones emitidos con la velocidad de $4{,}50\cdot10^{5}$ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$?

Datos: $h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ J·s; $c = 3\cdot10^{8}$ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $m_e = 9{,}1\cdot10^{-31}$ kg. *(P.A.U. Sep. 15)*

Rta.: a) Sí; b) $\lambda_2 = 208$ nm; c) $\lambda_3 = 1{,}62$ nm.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Frecuencia umbral del volframio	$f_0 = 1{,}30\cdot10^{15}$ Hz
Longitud de onda	$\lambda_1 = 1{,}50\cdot10^{-7}$ m
Velocidad de los electrones emitidos	$v = 4{,}50\cdot10^{5}$ m/s
Constante de Planck	$h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ J·s
Velocidad de la luz en el vacío	$c = 3{,}00\cdot10^{8}$ m/s
Masa del electrón	$m_e = 9{,}10\cdot10^{-31}$ kg
Incógnitas	
Energía de un fotón de $\lambda = 1{,}5\cdot10^{-7}$ m	E_f
Longitud de onda incidente para que la velocidad de los electrones emitidos sea $4{,}50\cdot10^{5}$ m/s	λ
Longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones	λ_3
Otros símbolos	
Trabajo de extracción	W_e
Ecuaciones	
Ecuación de Planck (energía del fotón)	$E_f = h\cdot f$
Ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico	$E_f = W_e + E_c$
Relación entre la frecuencia umbral y el trabajo de extracción	$W_e = h\cdot f_0$
Relación entre la frecuencia de una onda luminosa y la longitud de onda	$f = c / \lambda$
Energía cinética	$E_c = ½\, m\cdot v^2$
Longitud de onda de De Broglie	$\lambda = \dfrac{h}{m\cdot v}$

Solución:

a) Una luz producirá efecto fotoeléctrico si su energía es mayor que el trabajo de extracción.
Se calcula el trabajo de extracción a partir de la frecuencia umbral:

$$W_e = h\cdot f_0 = 6{,}63\cdot10^{-34}\ [\text{J·s}]\cdot 1{,}30\cdot10^{15}\ [\text{Hz}] = 8{,}61\cdot10^{-19}\ \text{J}$$

Se calcula la energía de la radiación de $\lambda = 1{,}50\cdot10^{-7}$ m, combinando la ecuación de Planck con la relación entre la frecuencia y la longitud de onda:

$$E_f = h\cdot f = h\cdot\frac{c}{\lambda} = \frac{6{,}63\cdot10^{-34}\ [\text{J·s}]\cdot 3{,}00\cdot10^{8}\ [\text{m·s}^{-1}]}{1{,}50\cdot10^{-7}\ [\text{m}]} = 1{,}32\cdot10^{-18}\ \text{J}$$

Se compara la energía de la radiación con el trabajo de extracción:

$$(E_f = 1{,}32\cdot10^{-18}\ \text{J}) > (W_e = 8{,}61\cdot10^{-19}\ \text{J})$$

Se producirá efecto fotoeléctrico porque la energía de la radiación de λ = 1,50·10⁻⁷ m es mayor que el trabajo de extracción. Por tanto se emitirán electrones.

b) Se calcula la energía cinética de los electrones emitidos:

$$E_c = m \cdot v^2 / 2 = 9{,}10 \cdot 10^{-31} \text{ [kg]} \cdot (4{,}50 \cdot 10^5 \text{ m/s}])^2 / 2 = 9{,}22 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

Se calcula la energía de los fotones usando la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_f = W_e + E_c = 8{,}61 \cdot 10^{-19} \text{ [J]} + 9{,}22 \cdot 10^{-20} \text{ [J]} = 9{,}54 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Se calcula la frecuencia de los fotones incidentes usando la ecuación de Planck:

$$E_f = h \cdot f \Rightarrow f = \frac{E_f}{h} = \frac{9{,}54 \cdot 10^{-19} \text{ [J]}}{6{,}63 \cdot 10^{-34} \text{ [J·s]}} = 1{,}44 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1} = 1{,}44 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

Se calcula la longitud de onda de los fotones usando la relación entre la frecuencia y la longitud de onda:

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3{,}00 \cdot 10^8 \text{ [m/s]}}{1{,}44 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}} = 2{,}08 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 208 \text{ nm}$$

c) Se calcula la longitud de onda asociada a los electrones usando la ecuación de De Broglie

$$\lambda_3 = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34} \text{ [J·s]}}{9{,}10 \cdot 10^{-31} \text{ [kg]} \cdot 4{,}50 \cdot 10^5 \text{ [m/s]}} = 1{,}62 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 1{,}62 \text{ nm}$$

P.2. Una masa de 0,5 kg está unida al extremo de un muelle (de masa despreciable) situado sobre un plano horizontal, permaneciendo fijo el otro extremo del muelle. Para estirar el muelle una longitud de 4 cm se requiere una fuerza de 5 N. Se deja el sistema masa-muelle en libertad. Calcula:

a) El trabajo realizado por la fuerza elástica desde la posición inicial x = 4 cm hasta su posición de equilibrio x = 0.
b) El módulo de la velocidad de la masa cuando se encuentra a 2 cm de su posición de equilibrio.
c) La frecuencia de oscilación del citado muelle si inicialmente se estira 6 cm.

(P.A.U. Sep. 15)

Rta.: a) W = 0,100 J; b) $|v_2|$ = 0,548 m/s; f = 2,52 Hz.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Masa	m = 0,500 kg
Alargamiento del muelle	x = 4,00 cm = 0,0400 m
Fuerza necesaria para alargar el muelle 4 cm	F_a = 5,00 N
Amplitud	A = 4,00 cm = 0,0400 m
Posición para calcular la velocidad	x_2 = 2,00 cm = 0,0200 m
Amplitud si se estira 6 cm	A_6 = 6,00 cm = 0,0600 m
Incógnitas	
Trabajo de la fuerza elástica desde x = 4 cm hasta el origen	W
Módulo de la velocidad para x = 2 cm	$\|v_2\|$
Frecuencia de la oscilación si A = 6 cm	f
Ecuaciones	
Trabajo de una fuerza conservativa	$W = -\Delta E_p$
Energía potencial elástica	$E_p = ½ \, k \cdot x^2$
Ley de Hooke: fuerza recuperadora elástica	$F = -k \cdot x$
Energía cinética	$E_c = ½ \, m \cdot v^2$
Relación entre la frecuencia angular y la constante elástica	$k = m \cdot \omega^2$
Relación entre la frecuencia angular y la frecuencia	$\omega = 2 \pi \cdot f$

Solución:

a) El trabajo que realiza una fuerza conservativa como la fuerza elástica es igual y de signo contrario a la variación de energía potencial. Para calcular la energía potencial elástica es necesario conocer la constante elástica del muelle.
Se calcula la constante elástica del muelle en la situación de equilibrio, cuando los valores de la fuerza aplicada y la fuerza elástica son iguales:

$$F_a = k \cdot \Delta x \Rightarrow \ k = \frac{F_a}{\Delta x} = \frac{5{,}00\ [\mathrm{N}]}{0{,}040\ 0\ [\mathrm{m}]} = 125\ \mathrm{N/m}$$

La energía potencial en el origen es nula $E_{p0} = 0$.
La energía potencial en el punto en el que $x = 4$ cm vale:

$$E_{p4} = k \cdot x^2 / 2 = 125\ [\mathrm{N/m}]\ (0{,}0400\ [\mathrm{m}])^2 / 2 = 0{,}100\ \mathrm{J}$$

El trabajo de la fuerza elástica desde $x = 4$ cm hasta el origen vale:

$$W = -\Delta E_p = -(E_{p0} - E_{p4}) = E_{p4} = 0{,}100\ \mathrm{J}$$

Análisis: La fuerza recuperadora elástica realiza un trabajo positivo porque tiene el mismo sentido que el desplazamiento: hacia el origen.

b) Se calcula la velocidad aplicando el principio de conservación de la energía, porque la única fuerza (elástica) es conservativa,

$$(E_c + E_p)_1 = (E_c + E_p)_2$$

$$½\ m \cdot v_1^2 + ½\ k \cdot x_1^2 = ½\ m \cdot v_2^2 + ½\ k \cdot x_2^2$$

Se multiplica todo por 2 y se sustituyen valores, tomando como punto 1 el de $x = 4$ cm y como punto 2 el de $x = 2$ cm.

$$0{,}500\ [\mathrm{kg}] \cdot 0^2 + 125\ [\mathrm{N/m}]\ (0{,}0400\ [\mathrm{m}])^2 = 0{,}500\ [\mathrm{kg}] \cdot v_2^2 + 125\ [\mathrm{N/m}]\ (0{,}0200\ [\mathrm{m}])^2$$

$$|v_2| = 0{,}548\ \mathrm{m/s}$$

c) La frecuencia, que se obtiene de la frecuencia angular o pulsación, es independiente de la amplitud, solo depende de la masa y de la constante elástica del muelle:

$$k = m \cdot \omega^2 \Rightarrow \ \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{125{,}0\ [\mathrm{N/m}]}{0{,}500\ [\mathrm{kg}]}} = 15{,}8\ \mathrm{rad/s}$$

$$\omega = 2\ \pi \cdot f \Rightarrow \ f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{15{,}8\ [\mathrm{rad/s}]}{2 \cdot 3{,}14\ [\mathrm{rad}]} = 2{,}52\ \mathrm{s}^{-1}$$

OPCIÓN B

C.1. Indica, justificando la respuesta, cuál de las siguientes afirmaciones es correcta:
A) La actividad de una muestra radiactiva es el número de desintegraciones que tienen lugar en 1 s.
B) Período de semidesintegración y vida media tienen el mismo significado.
C) La radiación gamma es la emisión de electrones por parte del núcleo de un elemento radiactivo.
(P.A.U. Sep. 15)

Solución: A

La actividad radiactiva es el número de desintegraciones por segundo y es proporcional a la cantidad de isótopo radiactivo

$$A = -\ \mathrm{d}\ N / \mathrm{d}\ t = \lambda \cdot N$$

Donde λ es la constante de desintegración radiactiva, que aparece en la ecuación exponencial de desintegración:

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

La actividad radiactiva disminuye con el tiempo. Multiplicando ambos miembros de la ecuación anterior por λ queda:

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

Las otras opciones:
B: Falsa. La vida media es la «esperanza de vida» de un núcleo. Es un término estadístico igual a la suma de los productos del tiempo de vida de cada núcleo por el número de núcleos que tienen ese tiempo dividido por el total de núcleos.

$$\tau=\frac{\int_0^{N_0} t\,\mathrm{d}N}{N_0}=\frac{1}{\lambda}$$

Donde λ es la constante de desintegración radiactiva, que aparece en la ecuación exponencial de desintegración:

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

El período de semidesintegración es el tiempo que tarda en reducirse a la mitad la cantidad de núcleos de sustancia radiactiva. Si en la ecuación de desintegración sustituimos N por N_0 / 2, t = $T_{½}$.

$$\frac{N_0}{2}=N_0\,\mathrm{e}^{-\lambda\,T_{1/2}}$$

Al extraer logaritmos:

$$\ln(1/2) = -\lambda \cdot T_{½}$$

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

La relación entre el período de semidesintegración y la vida media es:

$$T_{½} = \tau \cdot \ln 2$$

C: Falsa. La radiación gamma γ es una radiación electromagnética de alta energía, mientras que la emisión de electrones por parte del núcleo de un elemento radiactivo es la desintegración β.

C.2. Cuando un movimiento ondulatorio se refleja, su velocidad de propagación:
A) Aumenta.
B) Depende de la superficie de reflexión.
C) No varía.

(P.A.U. Sep. 15)

Solución: C

La velocidad de propagación de una onda depende de algunas características del medio (temperatura y masa molar en los gases, densidad lineal en las cuerdas...). Cuando una onda se refleja, se mantiene en el medio del que procedía después de rebotar. Por tanto, como el medio no varía, la velocidad de propagación se mantiene.

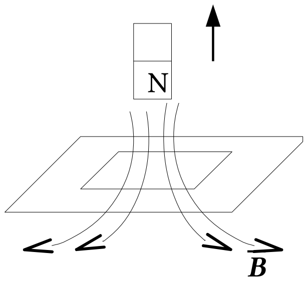
C.3. Se induce corriente en sentido horario en una espira en reposo si:
A) Acercamos el polo norte o alejamos el polo sur de un imán rectangular.
B) Alejamos el polo norte o acercamos el polo sur.
C) Mantenemos en reposo el imán y la espira.

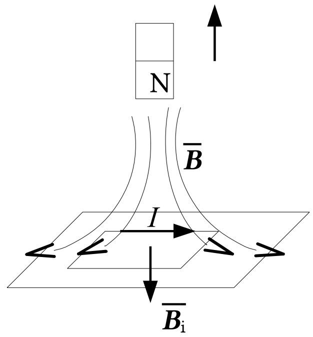
(P.A.U. Sep. 15)

Solución: B

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

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





Al alejar el polo norte del imán disminuye el número de líneas de campo magnético que atraviesan la espira, por lo que la corriente inducida circulará en el sentido de «corregir» el aumento de líneas, es decir, lo hará de modo que el campo magnético $\overline{\boldsymbol{B}}_\mathrm{i}$ debido a la corriente I inducida tenga sentido opuesto al que tenía el del imán. Por la regla de la mano derecha, la corriente debe ser en sentido horario.

C.4. Determina la aceleración de la gravedad con su incertidumbre a partir de los siguientes datos experimentales:

Longitud del péndulo (m)	0,60	0,82	0,90	1,05	1,33
Tiempo de 20 oscilaciones (s)	31,25	36,44	38,23	41,06	46,41

(P.A.U. Sep. 15)

Solución:

Se calculan los valores de
- los períodos dividiendo los tiempos de 20 oscilaciones entre 20.
- la aceleración de la gravedad despejados de la ecuación del período del péndulo: $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

Longitud del péndulo	(m)	L		0,60	0,82	0,90	1,05	1,33
Tiempo de 20 oscilaciones	(s)	t_{20}		31,25	36,44	38,23	41,06	46,41
Período	(s)	T	$= t_{20} / 20$	1,563	1,822	1,912	2,053	2,321
Aceleración de la gravedad	(m·s⁻²)	g	$= \frac{4\pi^2 L}{T^2}$	9,702	9,752	9,724	9,835	9,751

El valor medio de la aceleración de la gravedad es:

$$\bar{g} = (9{,}702 + 9{,}752 + 9{,}724 + 9{,}835 + 9{,}751) / 5 = 9{,}753 \text{ m·s}^{-2}$$

El cálculo de incertidumbre se limita al uso apropiado de las cifras significativas.
La aceleración de la gravedad es:

$$g = (9{,}8 \pm 0{,}1) \text{ m·s}^{-2}$$

P.1. Un satélite artificial de 500 kg de masa gira en una órbita circular a 5000 km de altura sobre la superficie de la Tierra. Calcula:
a) Su velocidad orbital.
b) Su energía mecánica en la órbita.
c) La energía que hay que comunicarle para que, partiendo de la órbita, llegue al infinito.
Datos: R = 6370 km; g_0 = 9,8 m·s⁻². *(P.A.U. Sep. 15)*
Rta.: a) v = 5,91 km/s; b) E = −8,74·10⁹ J; c) ΔE = 8,74·10⁹ J.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Masa del satélite	m = 500 kg
Altura de la órbita	h = 5000 km = $5{,}00·10^6$ m
Aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra	g_0 = 9,80 m/s²
Radio de la Tierra	R = 6370 km = $6{,}37·10^6$ m

Incógnitas

Velocidad orbital	v
Energía mecánica del satélite en órbita	E
Energía que hay que comunicarle para que llegue al infinito	ΔE
Otros símbolos	
Masa de la Tierra	M
Constante de la gravitación universal	G
Ecuaciones	
Velocidad de un satélite a una distancia r del centro de un astro de masa M	$v=\sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$
Velocidad en un movimiento circular uniforme de radio r y período T	$v=\frac{2\pi \cdot r}{T}$
Relación entre la masa, la gravedad y el radio de un astro	$G \cdot M = g_0 \cdot R^2$
Energía cinética	$E_c = ½\ m \cdot v^2$
Energía potencial gravitatoria (referida al infinito)	$E_p=-G\frac{M \cdot m}{r}$
Energía mecánica	$E = E_c + E_p$

Solución:

a) El radio de la órbita es:

$$r = R + h = 6{,}37 \cdot 10^6\ [\text{m}] + 5{,}00 \cdot 10^6\ [\text{m}] = 11{,}37 \cdot 10^6\ \text{m}$$

La velocidad de un satélite que gira a una distancia r alrededor del centro de un astro de masa M es:

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

Al no tener la masa de la Tierra se sustituye $G \cdot M$ por $g_0 \cdot R^2$.

$$v=\sqrt{\frac{g_0 \cdot R^2}{r}}=\sqrt{\frac{9{,}80\ [\text{m/s}^2] \cdot (6{,}37 \cdot 10^6\ [\text{m}])^2}{11{,}37 \cdot 10^6\ [\text{m}]}}=5{,}91 \cdot 10^3\ \text{m/s}=5{,}91\ \text{km/s}$$

Análisis: Se espera que un objeto que se mueva alrededor de la Tierra tenga una velocidad de algunos km/s. *El resultado de* 5,91 km/s *está de acuerdo con esta suposición.*

b) La energía mecánica es la suma de las energías cinética y potencial. La energía potencial vale:

$$E_p=-G\frac{M \cdot m}{r}=-\frac{g_0 \cdot R^2 \cdot m}{r}=-\frac{9{,}80\ [\text{m/s}^2] \cdot (6{,}37 \cdot 10^6\ [\text{m}])^2 \cdot 500\ [\text{kg}]}{11{,}37 \cdot 10^6\ [\text{m}]}=-1{,}75 \cdot 10^{10}\ \text{J}$$

La energía cinética es

$$E_c = m \cdot v^2 / 2 = 500\ [\text{kg}] \cdot (5{,}91 \cdot 10^3\ [\text{m/s}])^2 / 2 = 8{,}74 \cdot 10^9\ \text{J}$$

La energía mecánica es

$$E = E_c + E_p = 8{,}74 \cdot 10^9\ [\text{J}] + (-17{,}5 \cdot 10^9\ [\text{J}]) = -8{,}74 \cdot 10^9\ \text{J}$$

Análisis: La energía mecánica tiene el valor opuesto al de la energía cinética

c) La energía potencial en el infinito es nula por definición. Suponiendo que llega al infinito con velocidad nula, la energía que tendrá en el infinito será nula. La energía que hay que comunicarle es:

$$\Delta E = E(\infty) - E(\text{órbita}) = 0 - (-8{,}74 \cdot 10^9\ \text{J}) = 8{,}74 \cdot 10^9\ \text{J}$$

P.2. Dos láminas conductoras con igual carga y signo contrario están colocadas horizontalmente y separadas 5 cm. La intensidad del campo eléctrico en su interior es $2{,}5 \cdot 10^5\ \text{N} \cdot \text{C}^{-1}$. Una microgota de aceite cuya masa es $4{,}90 \cdot 10^{-14}$ kg, y con carga negativa, está en equilibrio suspendida en un punto equidistante de ambas placas.

a) Razona cuál de las dos láminas está cargada positivamente.

b) Determina la carga de la microgota.
c) Calcula la diferencia de potencial entre las láminas conductoras.
Dato: g = 9,8 m·s⁻². *(P.A.U. Sep. 15)*
Rta.: b) q = 1,92·10⁻¹⁸ C; c) ΔV = 1,25·10⁴ V.

Datos	**_Cifras significativas: 3_**
Intensidad del campo eléctrico	$\lvert\overline{\boldsymbol{E}}\rvert = 2{,}50 \cdot 10^5$ N/C
Distancia entre las láminas conductoras	d = 5,00 cm = 0,0500 m
Masa de la microgota	$m = 4{,}90 \cdot 10^{-14}$ kg
Valor del campo gravitatorio terrestre	g = 9,80 m/s²
Incógnitas	
Carga de la microgota	q
Diferencia de potencial entre las láminas conductoras	ΔV
Ecuaciones	
Fuerza sobre una carga puntual q en un campo electrostático uniforme $\overline{\boldsymbol{E}}$	$\overline{\boldsymbol{F}}_E = q \cdot \overline{\boldsymbol{E}}$
Valor de la fuerza peso	$P = m \cdot g$
Diferencia de potencial en un campo eléctrico constante	$\Delta V = \lvert\overline{\boldsymbol{E}}\rvert \cdot d$

Solución:

a, b) Peso:

$$P = m \cdot g = 4{,}90 \cdot 10^{-14}\ [\text{kg}] \cdot 9{,}80\ [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}] = 4{,}80 \cdot 10^{-13}\ \text{N}$$

Cuando la microgota alcanza el equilibrio, la fuerza eléctrica equilibra a la fuerza peso.

$$F_E = q \cdot E = 4{,}80 \cdot 10^{-13}\ \text{N}$$

Carga eléctrica:

$$q = \frac{F_E}{E} = \frac{4{,}80 \cdot 10^{-13}\ [\text{N/C}]}{2{,}5 \cdot 10^5\ [\text{N}]} = 1{,}92 \cdot 10^{-18}\ \text{C}$$

Análisis: La carga eléctrica de la microgota es solo ligeramente mayor que la del electrón. Corresponde a la de 1,92·10⁻¹⁸ C / 1,6·10⁻¹⁹ C = 12 *electrones. Este resultado parece razonable.*
La fuerza eléctrica está dirigida hacia arriba, en sentido contrario al peso. Como la carga de la microgota es negativa, el campo eléctrico debe estar dirigido hacia abajo: la lámina superior es la positiva y la inferior la negativa.

c) La diferencia de potencial vale:

$$\Delta V = \lvert\overline{\boldsymbol{E}}\rvert \cdot d = 2{,}50 \cdot 10^5\ [\text{N/C}] \cdot 0{,}0500\ [\text{m}] = 1{,}25 \cdot 10^4\ \text{V}$$

Cuestiones y problemas de las Pruebas de Acceso a la Universidad (P.A.U.) en Galicia.
Respuestas y composición de Alfonso J. Barbadillo Marán.
Algunos cálculos se hicieron con una hoja de cálculo de LibreOffice u OpenOffice 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)
Mi agradecimiento a Hervilia Seco por la revisión de este documento.

Actualizado: 11/02/22