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

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

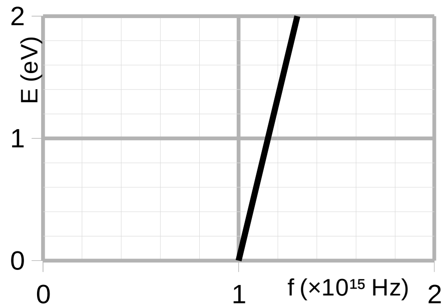
OPCIÓN A

C.1. En un mismo medio: A) La longitud de onda de un sonido grave es mayor que la de un agudo. B) La longitud de onda de un sonido grave es menor que la de un agudo. C) Ambos sonidos tienen la misma longitud de onda.

C.2. Si un planeta, manteniendo su masa, aumentase su radio, la velocidad de escape desde la superficie de planeta: A) Aumentaría. B) Disminuiría. C) No variaría.

C.3. Si una partícula cargada se mueve en un campo magnético y este ejerce una fuerza, dicha fuerza siempre es perpendicular a la velocidad de la partícula. A) Verdadero. B) Falso. C) Depende del módulo de la velocidad de la partícula.

C.4. Se puede medir experimentalmente la energía cinética máxima de los electrones emitidos al hacer incidir luz de distintas frecuencias sobre una superficie metálica. Determina el valor de la constante de Planck a partir de los resultados que se muestran en la gráfica adjunta. DATO: 1 eV = $1{,}6\times10^{-19}$ J.



P.1. Dos cargas eléctricas positivas (q_1 y q_2) están separadas una distancia de 1 m. Entre las dos hay un punto, situado a 20 cm de q_1, donde el campo eléctrico es nulo. Sabiendo que q_1 es igual a 2 µC, calcula: a) El valor de q_2. b) El potencial en el punto en el que se anula el campo. c) El trabajo realizado por la fuerza del campo para llevar una carga de −3 µC desde el punto en el que se anula el campo hasta el infinito. Dato: $K = 9\cdot10^9$ N·m²·C⁻².

P.2. Para el núcleo de uranio, $^{238}_{92}$U, calcula: a) El defecto de masa. b) La energía de enlace nuclear. c) La energía de enlace por nucleón. Datos: $m(^{238}_{92}\text{U})$ = 238,051 u; 1 g = $6{,}02\times10^{23}$ u; $c = 3\times10^8$ m·s⁻¹; m(p) = 1,007277 u; m(n) = 1,008665 u.

OPCIÓN B

C.1. Cuando se aproximan dos cargas del mismo signo, la energía potencial electrostática: A) Aumenta. B) Disminuye. C) No varía.

C.2. La vida media de un núclido radiactivo y el período de semidesintegración son: A) Conceptualmente iguales. B) Conceptualmente diferentes pero valen lo mismo. C) Diferentes, la vida media es mayor.

C.3. .Una onda armónica de frecuencia 100 Hz se propaga a una velocidad de 300 m·s⁻¹. La distancia mínima entre dos puntos que se encuentran en fase es: A) 1,50 m. B) 3,00 m. C) 1,00 m.

C.4. En el laboratorio se disponen de: una bobina, un núcleo de hierro dulce, un imán rectangular, un miliamperímetro y cables de conexión. Explica cómo se puede inducir corriente en la bobina y cómo se puede aumentar la intensidad de esa corriente. Haz un esquema del montaje.

P.1. El trabajo de extracción para el sodio es de 2,50 eV. Calcula: a) La longitud de onda de la radiación que debemos usar para que la velocidad máxima de los electrones emitidos sea de $1{,}00\cdot10^7$ m·s⁻¹. b) El potencial de frenado. c) La longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones emitidos por el metal con velocidad máxima. Datos: $h = 6{,}63\times10^{-34}$ J·s; $c = 3\times10^8$ m·s⁻¹; $|q(e)| = 1{,}6\times10^{-19}$ C; 1 nm = 10^{-9} m; $m(e) = 9{,}1\times10^{-31}$ kg.

P.2. Un espejo tiene 1,5 de aumento lateral cuando la cara de una persona está a 20 cm de ese espejo.
a) Razona si ese espejo es plano, cóncavo o convexo. b) Dibuja el diagrama de rayos. c) Calcula la distancia focal del espejo.

Soluciones

OPCIÓN A

C.1. En un mismo medio:
A) La longitud de onda de un sonido grave es mayor que la de un agudo.
B) La longitud de onda de un sonido grave es menor que la de un agudo.
C) Ambos sonidos tienen la misma longitud de onda.

(A.B.A.U. extr. 18)

Solución: A

Un sonido grave es un sonido de baja frecuencia. La frecuencia f está relacionada con la longitud de onda λ y con la velocidad de propagación v_p del sonido en el medio por la relación:

$$v_p = \lambda \cdot f$$

En un mismo medio, la velocidad de propagación es constante, por lo que la frecuencia es inversamente proporcional a la longitud de onda. Cuanto menor sea frecuencia mayor será la longitud de onda.

C.2. Si un planeta, manteniendo su masa, aumentase su radio, la velocidad de escape desde la superficie de planeta:
A) Aumentaría.
B) Disminuiría.
C) No variaría.

(A.B.A.U. extr. 18)

Solución: B

La velocidad de escape de un astro es la velocidad mínima adicional que habría que comunicar a un cuerpo sometido a su campo gravitatorio, para situarlo en un punto en el que no esté sometido a dicha atracción, a una distancia infinita del centro del astro.
La velocidad de escape le proporcionaría la energía, ΔE, necesaria para situarlo en el infinito.

$$\Delta E = (E_c + E_p)_\infty - (E_c + E_p)_1$$

En el infinito la energía potencial es nula, porque se toma como origen de energías potenciales.
Teniendo en cuenta que la velocidad de escape es la velocidad mínima, la energía cinética que tendría el cuerpo en el infinito sería nula.
La energía mecánica, suma de las energías cinética y potencial, en el infinito sería nula:

$$E_\infty = (E_c + E_p)_\infty = 0 + 0 = 0$$

La energía potencial de un cuerpo de masa m situado en la superficie de un astro de masa M y radio R es:

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

Si el cuerpo se encuentra en la superficie del astro, en reposo respecto al suelo, su energía cinética es nula.
La energía mecánica en la superficie del astro sería:

$$E_s = (E_c + E_p)_s = 0 + \left(-G \frac{M \cdot m}{R}\right) = -G \frac{M \cdot m}{R}$$

La velocidad de escape v_e le comunicaría la energía necesaria para situarlo en el infinito:

$$\Delta E = ½\ m \cdot v_e^2 = (E_c + E_p)_\infty - (E_c + E_p)_s$$

$$\frac{1}{2} m\, v_e^2 = 0 - \left(-G \frac{M \cdot m}{R}\right) = G \frac{M \cdot m}{R}$$

Despejando la velocidad de escape, queda:

$$v_e=\sqrt{2\,G\frac{M}{R}}$$

Si aumentase el radio del planeta, manteniendo su masa constante, la velocidad de escape disminuiría.

C.3. Si una partícula cargada se mueve en un campo magnético y este ejerce una fuerza, dicha fuerza siempre es perpendicular a la velocidad de la partícula.
A) Verdadero.
B) Falso.
C) Depende del módulo de la velocidad de la partícula.

(A.B.A.U. extr. 18)

Solución: A

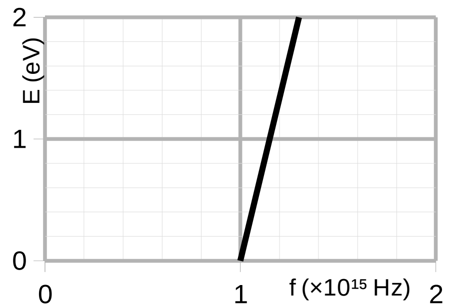
La fuerza magnética, $\overline{\boldsymbol{F}}_B$, sobre una carga, q, que se desplaza en el interior de un campo magnético, $\overline{\boldsymbol{B}}$, con una velocidad, $\overline{\boldsymbol{v}}$, viene dada por la ley de Lorentz:

$$\overline{\boldsymbol{F}}_B = q\,(\overline{\boldsymbol{v}} \times \overline{\boldsymbol{B}})$$

Esta fuerza es perpendicular a la velocidad de la partícula.

C.4. Se puede medir experimentalmente la energía cinética máxima de los electrones emitidos al hacer incidir luz de distintas frecuencias sobre una superficie metálica. Determina el valor de la constante de Planck a partir de los resultados que se muestran en la gráfica adjunta. DATO: 1 eV = $1{,}6\times10^{-19}$ J.

(A.B.A.U. extr. 18)



Solución:

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:

$$E_f = h \cdot f$$

En esta ecuación, h es la constante de Planck.
Ordenamos la ecuación de Einstein para que se ajuste a la gráfica.

$$E_c = E_f - W_e = h \cdot f - W_e$$

Esta es la ecuación de una recta en la que E_c es la variable dependiente (y), f es la variable independiente (x), y h sería la pendiente m.
La pendiente puede calcularse:

$$m=\frac{\Delta y}{\Delta x} \qquad \Rightarrow \qquad h=\frac{\Delta E_c}{\Delta f}$$

Leyendo en la gráfica los valores:

$f_1 = 1{,}0\cdot10^{15}$ Hz $\qquad E_{c1}$= 0 eV = 0 J
$f_2 = 1{,}3\cdot10^{15}$ Hz $\qquad E_{c1}$= 2 eV = $3{,}2\cdot10^{-19}$ J

$$h=\frac{\Delta E_c}{\Delta f}=\frac{(3{,}2\cdot10^{-19}-0)\ \text{J}}{(1{,}3\cdot10^{15}-1{,}0\cdot10^{15})\ \text{s}^{-1}}=\frac{(3{,}2\cdot10^{-19}-0)\ \text{J}}{3\cdot10^{14}\ \text{s}^{-1}}=1\cdot10^{-33}\ \text{J·s}$$

Análisis: El resultado de nuestro cálculo tiene una sola cifra significativa porque el denominador sólo tiene una cifra significativa. El valor de la constante de Planck es $h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ J·s *como puede verse en los datos del problema 1 de la opción B. Es del mismo orden de magnitud.*

P.1. Dos cargas eléctricas positivas (q_1 y q_2) están separadas una distancia de 1 m. Entre las dos hay un punto, situado a 20 cm de q_1, donde el campo eléctrico es nulo. Sabiendo que q_1 es igual a 2 μC, calcula:

a) El valor de q_2.

b) El potencial en el punto en el que se anula el campo.

c) El trabajo realizado por la fuerza del campo para llevar una carga de −3 μC desde el punto en el que se anula el campo hasta el infinito.

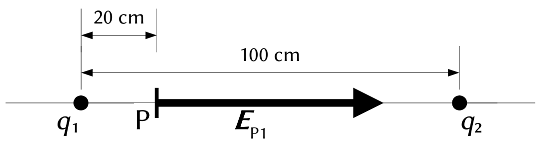
Dato: $K = 9\cdot10^9$ N·m²·C⁻². *(A.B.A.U. extr. 18)*

Rta.: a) q_2 = 32 μC; b) $V = 4{,}5\cdot10^5$ V; c) W = −1,4 J.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Distancia entre las cargas q_1 y q_2	r_{12} = 1,00 m
Distancia del punto P, en el que se anula el campo, a la carga q_1	r_{P1} = 20,0 cm = 0,200 m
Valor de la carga situada en el punto 1	q_1 = 2,00 μC = $2{,}00\cdot10^{-6}$ C
Valor de la carga situada en el punto P	q = −3,00 μC = $-3{,}00\cdot10^{-6}$ C
Campo eléctrico en el punto P	$\vec{E}_P = \overline{\mathbf{0}}$
Constante de Coulomb	$K = 9{,}00\cdot10^9$ N·m²·C⁻²
Incógnitas	
Valor da carga q_2	q_2
Potencial eléctrico en el punto P	V_P
Trabajo para trasladar una carga de −3 μC desde P hasta el infinito	$W_{P\to\infty}$
Ecuaciones	
Campo eléctrico en un punto a una distancia, r, de una carga puntual, Q	$\vec{E}=K\frac{Q}{r^2}\vec{u}_r$
Principio de superposición	$\vec{E}_A=\sum\vec{E}_{A\,i}$
Potencial eléctrico en un punto a una distancia, r, de una carga puntual, Q	$V=K\frac{Q}{r}$
Potencial eléctrico en un punto debido a varias cargas	$V = \sum V_i$
Trabajo de la fuerza eléctrica al mover una carga desde A hasta B	$W_{A\to B} = q\,(V_A - V_B)$

Solución:

a) Se hace un dibujo colocando las cargas sobre el eje horizontal, una en el origen, y la otra a 1 m de distancia, por ejemplo, en el semieje positivo. Se coloca el punto P a 20 cm del origen, entre ambas cargas.



Se dibuja en el punto P el vector campo eléctrico creado por la carga q_1, prestando atención al sentido, que es de repulsión porque la carga es positiva.

El principio de superposición dice que la intensidad de campo electrostático en un punto, debido a la presencia de varias cargas, es la suma vectorial de los campos producidos en ese punto por cada carga, como si el resto de las cargas no estuviese presente.

Para determinar el campo en un punto, se calculan los campos creados en ese punto por cada carga, y luego se suman los vectores.

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:

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

La distancia entre la carga q_1 y el punto P es: r_{P1} = 20,0 cm = 0,200 m.

El vector unitario del punto P, tomando como origen el punto 1, es $\overline{\mathbf{i}}$, el vector unitario del eje X.

Se calcula el campo en el punto P, debido a la carga de 2 μC situada en el punto 1:

$$\vec{E}_{P1}=9{,}00\cdot 10^9\ [N\cdot m^2\cdot C^{-2}]\frac{2{,}00\cdot 10^{-6}\ [C]}{(0{,}200\ [m])^2}\vec{i}=4{,}50\cdot 10^5\ \vec{i}\ \ N/C$$

El campo en el punto P debido a la carga q_2, situada a 1 m de distancia de la carga q_1, tiene que ser opuesta, para que el campo en el punto P sea nula.

$$\overline{E}_{P2} = -4{,}50\cdot 10^5\ \bar{i}\ N/C$$

La distancia de q_2 al punto P es: r_{P2} = 1,00 [m] − 0,200 [m] = 0,80 m

Se escribe la expresión del módulo del campo creado por la carga q_2 en el punto P, y se sustituyen los datos:

$$|\vec{E}_{P2}|=K\frac{q_2}{r_{P2}^2}\ \Rightarrow 4{,}50\cdot 10^5=9{,}00\cdot 10^9\frac{q_2}{0{,}80^2}$$

El valor de la carga se obtiene despejando q_2:

$$q_2=\frac{4{,}50\cdot 10^5\ [N\cdot C^{-1}]\cdot (0{,}80\ [m])^2}{9{,}00\cdot 10^9\ [N\cdot m^2\cdot C^{-2}]} = 3{,}2\cdot 10^{-5}\ C = 32\ \mu C$$

Análisis: Como la distancia de q_2 al punto P es 4 *veces mayor que la de la carga q_1, el valor de la carga tendrá que ser* 4^2 = 16 *veces mayor.*

b)

El potencial eléctrico en un punto, debido a la presencia de varias cargas, es la suma de los potenciales producidos en ese punto por cada carga, como si el resto de las cargas no estuviese presente.

Para determinar el potencial eléctrico en un punto, se calculan los potenciales creados en ese punto por cada carga, y luego se suman.

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.

Se calculan los potenciales en el punto P debidos a cada una de las cargas:

$$V_{P1}=9{,}00\cdot 10^9\ [N\cdot m^2\cdot C^{-2}]\frac{2{,}00\cdot 10^{-6}\ [C]}{(0{,}200\ [m])}=9{,}00\cdot 10^4\ V$$

$$V_{P2}=9{,}00\cdot 10^9\ [N\cdot m^2\cdot C^{-2}]\frac{32\cdot 10^{-6}\ [C]}{(0{,}80\ [m])}=3{,}6\cdot 10^5\ V$$

El potencial eléctrico en el punto P es la suma:

$$V_P = V_{P1} + V_{P2} = 9{,}00\cdot 10^4\ [V] + 3{,}6\cdot 10^5\ [V] = 4{,}5\cdot 10^5\ V$$

El campo eléctrico es un campo conservativo, porque el trabajo que realiza la fuerza del campo, cuando una carga se mueve entre dos puntos, es independiente del camino seguido y solo depende de los puntos inicial y final. Se define una función escalar llamada energía potencial, E_p, asociada al campo vectorial de fuerzas, de modo que el trabajo realizado por la fuerza del campo al mover una carga entre dos puntos es igual a la variación de la energía potencial entre esos dos puntos, cambiada de signo.

$$W = -\Delta E_p$$

También se define otra magnitud escalar, llamada potencial eléctrico, que es igual a la energía potencial de la unidad de carga.

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

El trabajo realizado por la fuerza del campo, cuando una carga mueve del punto A al punto B, es:

$$W_{A\to B} = -\Delta E_p = -(E_{pB} - E_{pA}) = (E_{pA} - E_{pB}) = q\cdot V_A - q\cdot V_B = q\,(V_A - V_B)$$

c) El potencial en el infinito es cero, porque se toma como origen. El trabajo que hace la fuerza del campo cuando se traslada una carga de −3 μC desde el punto P hasta el infinito es:

$$W_{P\to\infty} = q\,(V_P - V_\infty) = -3{,}00\cdot 10^{-6}\ [C]\cdot (4{,}5\cdot 10^5 - 0)\ [V] = -1{,}4\ J$$

P.2. Para el núcleo de uranio, $^{238}_{92}U$, calcula:

a) El defecto de masa.

b) La energía de enlace nuclear.

c) La energía de enlace por nucleón.

Datos: $m(^{238}_{92}U)$ = 238,051 u; 1 g = 6,02×10²³ u; $c = 3\times10^8$ m·s⁻¹; m(p) = 1,007277 u; m(n) = 1,008665 u.

(A.B.A.U. extr. 18)

Rta.: a) Δm =1,883 u = 3,128·10⁻²⁷ kg; b) E_e = 2,81·10⁻¹⁰ J/átomo; c) E_{en} = 1,18·10⁻¹² J/nucleón.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Masa: uranio-238	$m(^{238}_{92}U)$ = 238,051 u
protón	$m(^{1}_{1}H)$ = 1,007277 u
neutrón	$m(^{1}_{0}n)$ = 1,008665 u
Unidad de masa atómica	1 g = $6,02\cdot10^{23}$ u
Velocidad de la luz en el vacío	$c = 3,00\cdot10^8$ m/s
Incógnitas	
Defecto de masa	Δm
Energía de enlace	E_e
Energía de enlace por nucleón	E_{en}
Ecuaciones	
Equivalencia masa energía de Einstein	$E = m \cdot c^2$

Solución:

a) El defecto de masa es la diferencia entre la masa del núcleo de uranio-238 y la suma de las masas de los protones y neutrones que lo forman. El número de protones es el número atómico, 92, y el de neutrones es 146, la diferencia entre el número másico 238 y el número de protones 92.

$$\Delta m = m(^{238}_{92}U) - 92 \cdot m(^{1}_{1}H) - 146 \cdot m(^{1}_{0}n) = 238{,}051\ [u] - 92 \cdot 1{,}0073\ [u] - 146 \cdot 1{,}008665\ [u] = -1{,}883\ u$$

$$\Delta m = -1{,}883\ [u] \cdot \frac{1\ [g]}{6{,}02\times10^{23}\ [u]} \cdot \frac{1\ [kg]}{10^3\ [g]} = -3{,}13\cdot10^{-27}\ kg$$

b) La energía equivalente se calcula con la ecuación de Einstein:

$$E_e = m \cdot c^2 = 3{,}13\cdot10^{-27}\ [kg] \cdot (3{,}00\cdot10^8\ [m/s])^2 = 2{,}81\cdot10^{-10}\ J/\text{átomo U}$$

c) La energía de enlace por nucleón se calcula dividiendo entre el número de nucleones:

$$E_{en} = \frac{2{,}81\cdot10^{-10}\ [J/\text{átomo U}]}{238\ [\text{nucleones/átomo U}]} = 1{,}18\cdot10^{-12}\ J/\text{nucleón}$$

OPCIÓN B

C.1. Cuando se aproximan dos cargas del mismo signo, la energía potencial electrostática:

A) Aumenta.

B) Disminuye.

C) No varía.

(A.B.A.U. extr. 18)

Solución: A

La energía potencial electrostática de dos cargas es:

$$E_p = K \frac{Q \cdot q}{r}$$

Si las cargas son del mismo signo, la energía es positiva. Cuanto menor sea la distancia entre las cargas mayor será la energía.

C.2. La vida media de un núclido radiactivo y el período de semidesintegración sonido:

A) Conceptualmente iguales.
B) Conceptualmente diferentes, pero valen lo mismo.
C) Diferentes, la vida media es mayor.

(A.B.A.U. extr. 18)

Solución: C

La vida media τ es la esperanza de vida de una substancia radiactiva. Es el valor medio de los tiempos que tardarían en desintegrarse todos los núclidos de una muestra.

$$\tau=\frac{\int_{N_0}^{0} t\cdot dN}{N_0}=\frac{\int_{0}^{\infty} t\cdot(-\lambda N)\,dt}{N_0}$$

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

$$\tau=\frac{\int_{0}^{\infty} t\cdot N_0\cdot e^{-\lambda}\,t\,dt}{N_0}=\int_{0}^{\infty} t\cdot e^{-\lambda}\,t\,dt$$

Debemos realizar una integración por partes:

$$\int u\,dv=u\cdot v-\int v\,d\,u$$

Llamando: $u = t \quad\Rightarrow\quad \mathrm{d}u = 1$

$\mathrm{d}\,v=e^{-\lambda t}\mathrm{d}\,t \quad\Rightarrow\quad v=-\frac{1}{\lambda}e^{-\lambda t}$

queda

$$\tau=\int_{0}^{\infty} t\cdot e^{-\lambda}\,t\,dt=\left[-\frac{t}{\lambda}e^{-\lambda t}\right]_0^{\infty}-\int_{0}^{\infty}\frac{-1}{\lambda}e^{-\lambda t}\mathrm{d}\,t=\left[\frac{1}{\lambda}e^{-\lambda t}\right]_0^{\infty}=\frac{1}{\lambda}$$

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:

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

Como $\ln 2 = 0{,}693 < 1$:

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

C.3. Una onda armónica de frecuencia 100 Hz se propaga a una velocidad de 300 m·s⁻¹. La distancia mínima entre dos puntos que se encuentran en fase es:

A) 1,50 m.
B) 3,00 m.
C) 1,00 m.

(A.B.A.U. extr. 18)

Solución: B

La longitud de onda λ es la distancia mínima entre dos puntos de una onda que se encuentran en fase.
La longitud de onda λ está relacionada con la frecuencia f y con la velocidad de propagación v_p de la onda por la relación

$$v_p = \lambda\cdot f$$

$$\lambda=\frac{v_p}{f}=\frac{300\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}}{100\ \mathrm{s^{-1}}}=3{,}00\ \mathrm{m}$$

C.4. En el laboratorio se disponen de: una bobina, un núcleo de hierro dulce, un imán rectangular, un miliamperímetro y cables de conexión. Explica como se puede inducir corriente en la bobina y como se puede aumentar la intensidad de esa corriente. Hace un esquema del montaje.

(A.B.A.U. extr. 18)

Solución:

Ver: Prácticas: Orientaciones generales en la página del *Grupo de Traballo* de Física.

P.1. El trabajo de extracción para el sodio es de 2,50 eV. Calcula:

a) La longitud de onda de la radiación que debemos usar para que la velocidad máxima de los electrones emitidos sea de $1{,}00 \cdot 10^7$ m·s⁻¹.

b) El potencial de frenado.

c) La longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones emitidos por el metal con velocidad máxima.

Datos: $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J·s; $c = 3 \times 10^8$ m·s^{-1}; $|q(\text{e})| = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C; 1 nm = 10^{-9} m; $m(\text{e}) = 9{,}1 \times 10^{-31}$ kg.

(A.B.A.U. extr. 18)

Rta.: a) $\lambda = 4{,}33$ nm; b) V = 284 V; c) $\lambda_B = 72{,}9$ pm.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Trabajo de extracción del sodio	$W_e = 2{,}50$ eV
Velocidad de los electrones emitidos	$v = 1{,}00 \cdot 10^7$ m/s
Constante de Planck	$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s
Velocidad de la luz en el vacío	$c = 3{,}00 \cdot 10^8$ m/s
Masa del electrón	$m_e = 9{,}10 \cdot 10^{-31}$ kg
Carga del electrón	$\|q_e\| = 1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C
Incógnitas	
Longitud de onda incidente para que la velocidad de los electrones emitidos sea $1{,}00 \cdot 10^7$ m/s	λ
Potencial de frenado	V
Longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones	λ_B
Otros símbolos	
Energía del fotón	E_f
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 su longitud de onda	$c = f \cdot \lambda$
Energía cinética	$E_c = ½\, m \cdot v^2$
Longitud de onda de De Broglie	$\lambda = \dfrac{h}{m \cdot v}$

Solución:

a) Se calcula el trabajo de extracción en unidades del S.I.:

$$W_e = 2{,}50\,[\text{eV}] \cdot \frac{1{,}60 \cdot 10^{-19}\,[\text{C}]}{1\,[\text{e}]} = 4{,}00 \cdot 10^{-19}\ \text{C·V} = 4{,}00 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

Se calcula la energía cinética máxima de los electrones emitidos:

$$E_c = m \cdot v^2 / 2 = 9{,}10 \cdot 10^{-31}\,[\text{kg}] \cdot (1{,}00 \cdot 10^7\,[\text{m/s}])^2 / 2 = 4{,}55 \cdot 10^{-17}\ \text{J}$$

Se calcula la energía de la radiación empleando la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_f = W_e + E_c = 4{,}00 \cdot 10^{-19}\,[\text{J}] + 4{,}55 \cdot 10^{-17}\,[\text{J}] = 4{,}59 \cdot 10^{-17}\ \text{J}$$

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

$$E_f = h \cdot f \Rightarrow f = \frac{E_f}{h} = \frac{4{,}59 \cdot 10^{-17}\,[\text{J}]}{6{,}63 \cdot 10^{-34}\,[\text{J·s}]} = 6{,}93 \cdot 10^{16}\ \text{s}^{-1}$$

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

$$f=\frac{c}{\lambda}\Rightarrow \lambda=\frac{c}{f}=\frac{3{,}00\cdot 10^{8}\ [\mathrm{m/s}]}{6{,}93\cdot 10^{16}\ [\mathrm{s^{-1}}]}=4{,}32\cdot 10^{-9}\ \mathrm{m}=4{,}32\ \mathrm{nm}$$

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

$$E_c=|e|\cdot V\Rightarrow \quad V=\frac{E_c}{|e|}=\frac{4{,}55\cdot 10^{-17}\ [\mathrm{J}]}{1{,}60\cdot 10^{-19}\ [\mathrm{C}]}=284\ \mathrm{V}$$

c) Se calcula la longitud de onda asociada a los electrones usando la ecuación de De Broglie.
La interpretación de Einstein del efecto fotoeléctrico demostró que la luz se comporta como un chorro de partículas, llamadas fotones, cuya energía es proporcional a la frecuencia:

$$E=h\cdot f$$

En el efecto Compton, el fotón se comporta como una partícula de momento lineal:

$$p=\frac{E}{c}=\frac{h\cdot f}{c}=\frac{h\cdot f}{\lambda\cdot f}=\frac{h}{\lambda}$$

Como ya estaba establecido que la luz se propaga como una onda, se propuso que el comportamiento era dual: en algunos experimentos el comportamiento de la luz parece ser corpuscular y en otros, ondulatorio. De Broglie propuso que este comportamiento dual también afecta a cualquier partícula. En algunos casos el comportamiento de ciertas partículas podría interpretarse como el de ondas cuya longitud de onda asociada λ viene dada por la expresión:

$$\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{m\cdot v}$$

h es la constante de Planck, m es la masa de la partícula y v es su velocidad.

$$\lambda_B=\frac{h}{m\cdot v}=\frac{6{,}63\cdot 10^{-34}\ [\mathrm{J\cdot s}]}{9{,}10\cdot 10^{-31}\ [\mathrm{kg}]\cdot 1{,}00\cdot 10^{7}\ [\mathrm{m/s}]}=7{,}29\cdot 10^{-11}\ \mathrm{m}=72{,}9\ \mathrm{pm}$$

P.2. Un espejo tiene 1,5 de aumento lateral cuando la cara de una persona está a 20 cm de ese espejo.
   a) Razona si ese espejo es plano, cóncavo o convexo.
   b) Dibuja el diagrama de rayos.
   c) Calcula la distancia focal del espejo.

(A.B.A.U. extr. 18)

Rta.: c) f = −60 cm.

Datos (convenio de signos DIN)	***Cifras significativas: 2***
Posición del objeto	s = −20 cm = −0,20 m
Aumento lateral	A_L = 1,5
Incógnitas	
Distancia focal del espejo	f
Ecuaciones	
Relación entre la posición de la imagen y la del objeto en los espejos	$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$
Aumento lateral en los espejos	$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{-s'}{s}$
Relación entre la distancia focal y el radio de curvatura	$f = R / 2$

Solución:

c) Para determinar si el espejo es plano, cóncavo o convexo, se calcula la distancia focal.
Se usa la ecuación del aumento lateral para establecer la relación entre la distancia objeto s y la distancia imagen s':

$$A_L=\frac{y'}{y}=\frac{-s'}{s}=1{,}5$$

Por el convenio de signos, los puntos situados a la izquierda del espejo tienen signo negativo.

$$s' = -1,5\ s = -1,5 \cdot (-0,20\ [\text{m}]) = 0,30\ \text{m}$$

Se sustituyen los datos en la ecuación de los espejos:

$$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{0,30\ [\text{m}]}+\frac{1}{-0,20\ [\text{m}]}=\frac{1}{f}$$

Se calcula la distancia focal despejando:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{0,30\ [\text{m}]}+\frac{1}{-0,20\ [\text{m}]}=3,3\ [\text{m}]^{-1}-5,0\ [\text{m}]^{-1}=-1,7\ [\text{m}]^{-1} \Rightarrow f = -0,60\ \text{m}$$

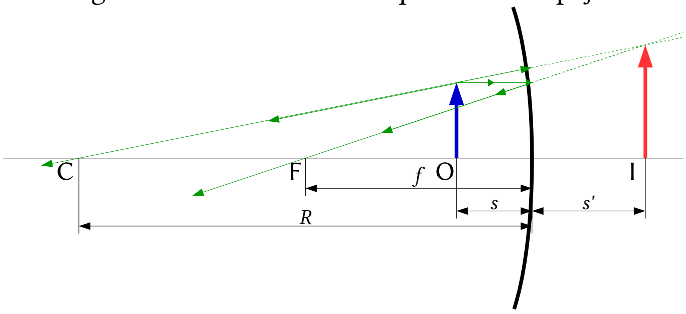
a) El espejo es cóncavo, puesto que la distancia focal es negativa. El foco está a la izquierda del espejo.

b)

Se dibuja un esquema de espejo cóncavo (un arco de circunferencia vertical cóncavo hacia la izquierda), y se sitúa el foco F a la izquierda del espejo, a la mitad de la distancia entre el espejo y su centro C.

Se dibuja, a su izquierda, una flecha vertical hacia arriba, que representa al objeto O.

Desde el punto superior del objeto se dibujan dos rayos:



- Uno, horizontal hacia el espejo, que se refleja de manera que el rayo reflejado pasa por el foco F.
- Otro, hacia el espejo, que se refleja sin desviarse pasando por el centro C de curvatura del espejo.

Como los rayos no se cortan, se prolongan al otro lado del espejo hasta que sus prolongaciones se corten.

El punto de corte es el correspondiente a la punta de la imagen I. Se dibuja una flecha vertical en ese punto.

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*, y del traductor de la CIXUG.

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: 16/07/24