PRUEBA DE ACCESO Y ADMISIÓN A LA UNIVERSIDAD CURSO 2017-2018	FÍSICA

Instrucciones: a) Duración: 1 hora y 30 minutos.
b) Debe desarrollar las cuatro preguntas de una de las dos opciones.
c) Puede utilizar calculadora no programable, ni gráfica ni con capacidad para almacenar o transmitir datos
d) Cada pregunta se calificará entre 0 y 2,5 puntos (hasta 1,25 puntos cada uno de sus apartados).

OPCIÓN A

1. a) Si la masa y el radio de la Tierra se duplican, razone si las siguientes afirmaciones son correctas: (i) El periodo orbital de la Luna se duplica; (ii) su velocidad orbital permanece constante.

   b) La masa de Marte es aproximadamente la décima parte de la masa de la Tierra y su radio la mitad del radio terrestre. Calcule cuál sería la masa y el peso en la superficie de Marte de una persona que en la superficie terrestre tuviera un peso de 700 N.

   $g_T = 9{,}8\ m\ s^{-2}$

2. a) Una partícula cargada positivamente se mueve en la misma dirección y sentido de un campo eléctrico uniforme. Responda razonadamente a las siguientes cuestiones: (i) ¿Se detendrá la partícula?; (ii) ¿se desplazará la partícula hacia donde aumenta su energía potencial?

   b) Dos cargas puntuales $q_1 = 5\cdot10^{-6}$ C y $q_2 = -5\cdot10^{-6}$ C están situadas en los puntos A (0,0) m y B (2,0) m respectivamente. Calcule el valor del campo eléctrico en el punto C (2,1) m. $K = 9\cdot10^{9}\ N\ m^2\ C^{-2}$

3. a) ¿Qué significa que dos puntos de la dirección de propagación de una onda armónica estén en fase o en oposición de fase? ¿Qué distancia les separaría en cada caso?

   b) Una onda armónica de amplitud 0,3 m se propaga hacia la derecha por una cuerda con una velocidad de 2 m s^{-1} y un periodo de 0,125 s. Determine la ecuación de la onda correspondiente sabiendo que el punto x = 0 m de la cuerda se encuentra a la máxima altura para el instante inicial, justificando las respuestas.

4. a) Explique la conservación de la energía en el proceso de emisión de electrones por una superficie metálica al ser iluminada con luz adecuada.

   b) Los fotoelectrones expulsados de la superficie de un metal por una luz de $4\cdot10^{-7}$ m de longitud de onda en el vacío son frenados por una diferencia de potencial de 0,8 V. ¿Qué diferencia de potencial se requiere para frenar los electrones expulsados de dicho metal por otra luz de $3\cdot10^{-7}$ m de longitud de onda en el vacío? Justifique todas sus respuestas.

   $c = 3\cdot10^{8}\ m\ s^{-1}$; $e = 1{,}6\cdot10^{-19}$ C; $h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ J s

OPCIÓN B

1. a) Un satélite artificial describe una órbita circular en tomo a la Tierra. ¿Cómo cambiaría su velocidad orbital si la masa de la Tierra se duplicase, manteniendo constante su radio? ¿Y su energía mecánica?

   b) Se desea situar un satélite de 100 kg de masa en una órbita circular a 100 km de altura alrededor de la Tierra. (i) Determine la velocidad inicial mínima necesaria para que alcance dicha altura; (ii) una vez alcanzada dicha altura, calcule la velocidad que habría que proporcionarle para que se mantenga en órbita. $G = 6{,}67\cdot10^{-11}\ N\ m^2\ kg^{-2}$; $M_T = 5{,}98\cdot10^{24}$ kg ; $R_T = 6370$ km

2. a) Un electrón se mueve con un movimiento rectilíneo uniforme por una región del espacio en la que existen un campo eléctrico y un campo magnético. Justifique cual deberá ser la dirección y sentido de ambos campos y deduzca la relación entre sus módulos. ¿Qué cambiaría si la partícula fuese un protón?

   b) Un conductor rectilíneo transporta una corriente de 10 A en el sentido positivo del eje Z. Un protón situado a 50 cm del conductor se dirige perpendicularmente hacia el conductor con una velocidad de $2\cdot10^{5}$ m s^{-1}. Realice una representación gráfica indicando todas las magnitudes vectoriales implicadas y determine el módulo, dirección y sentido de la fuerza que actúa sobre el protón.

   $\mu_0 = 4\pi\cdot10^{-7}\ T\ m\ A^{-1}$; $e = 1{,}6\cdot10^{-19}$ C

3. a) Explique dónde debe estar situado un objeto respecto a una lente delgada para obtener una imagen virtual y derecha: (i) Si la lente es convergente; (ii) si la lente es divergente. Realice en ambos casos las construcciones geométricas del trazado de rayos e indique si la imagen es mayor o menor que el objeto.

   b) Un objeto luminoso se encuentra a 4 m de una pantalla. Mediante una lente situada entre el objeto y la pantalla se pretende obtener una imagen del objeto sobre la pantalla que sea real, invertida y tres veces mayor que él. Determine el tipo de lente que se tiene que utilizar, así como su distancia focal y la posición en la que debe situarse, justificando sus respuestas.

4. a) Explique la teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico.

   b) Se ilumina la superficie de un metal con dos haces de longitudes de onda $\lambda_1 = 1{,}96\cdot10^{-7}$ m y $\lambda_2 = 2{,}65\cdot10^{-7}$ m. Se observa que la energía cinética de los electrones emitidos con la luz de longitud de onda λ_1 es el doble que la de los emitidos con la de λ_2. Obtenga la energía cinética con que salen los electrones en ambos casos y la función trabajo del metal.

   $h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ J s ; $c = 3\cdot10^{8}\ m\ s^{-1}$

OPCIÓN A:

1. **a) Si la masa y el radio de la Tierra se duplican, razone si las siguientes afirmaciones son correctas: (i) El periodo orbital de la Luna se duplica; (ii) su velocidad orbital permanece constante.**
b) La masa de Marte es aproximadamente la décima parte de la masa de la Tierra y su radio la mitad del radio terrestre. Calcule cuál sería la masa y el peso en la superficie de Marte de una persona que en la superficie terrestre tuviera un peso de 700 N.
g_{0T} = 9,8 m s^{-2}

a) La Luna describe órbitas (que en esta cuestión podemos suponer que son circulares) en torno a la Tierra debido a la atracción gravitatoria entre ambas.

Periodo orbital (T): Tiempo que emplea el satélite en describir una órbita completa $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$

Velocidad orbital (v_{orb}): Velocidad necesaria para que el satélite describa una órbita circular en torno al planeta a una distancia r determinada. $v_{orb} = \sqrt{\frac{GM}{r}}$,

En ambas expresiones, G es la constante de gravitación universal, M la masa de la Tierra y r el radio de la órbita lunar. El radio terrestre R no tiene ninguna influencia en estas magnitudes.
Si duplicamos la masa terrestre M' = 2M

(i) $T' = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM'}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{G2M}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}} = \frac{T}{\sqrt{2}}$ El periodo orbital no se duplica, sino que se reduce al 70,7%. La afirmación es incorrecta.

(ii) $v'_{orb} = \sqrt{\frac{GM'}{r}} = \sqrt{\frac{G2M}{r}} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{2} \cdot v_{orb}$ La velocidad orbital no permanece constante, sino que aumenta al 141%. Falso.

b) $M_M = 0,1 M_T$ $\quad R_M = 0,5\, R_T$
El peso en la superficie de un planeta es la fuerza gravitatoria que el planeta ejerce sobre dicho cuerpo a una distancia igual al radio del planeta. $F_g = m \cdot g_0$
En la superficie terrestre: $F_{gT} = m \cdot g_{0T} \rightarrow \; 700\,N = m \cdot 9{,}8 \frac{N}{kg} \rightarrow \; m = 71{,}43\,kg$

La masa (la cantidad de materia) será la misma en la superficie de la Tierra o de Marte. Lo que cambiará será la atracción gravitatoria, el peso. En Marte, $F_{gM} = m \cdot g_{0M}$

La gravedad superficial de un planeta (g_0) depende de la masa del planeta y de su radio, según $g_0 = \frac{GM}{R^2}$

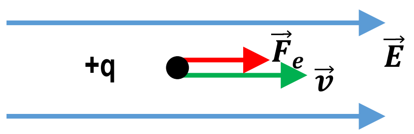
Para Marte $g_{0M} = \frac{G \cdot M_M}{{R_M}^2} = \frac{G \cdot 0{,}1 M_T}{(0{,}5 R_T)^2} = \frac{G \cdot 0{,}1 M_T}{(0{,}5 R_T)^2} = 0{,}4 \cdot \frac{G \cdot M_T}{{R_T}^2} = 0{,}4 \cdot g_{0T} = 3{,}92 \frac{N}{kg}$

Así, el peso en Marte, $F_{gM} = m \cdot g_{0M} = 71{,}43\,kg \cdot 3{,}92 \frac{N}{kg} = 280\,N$

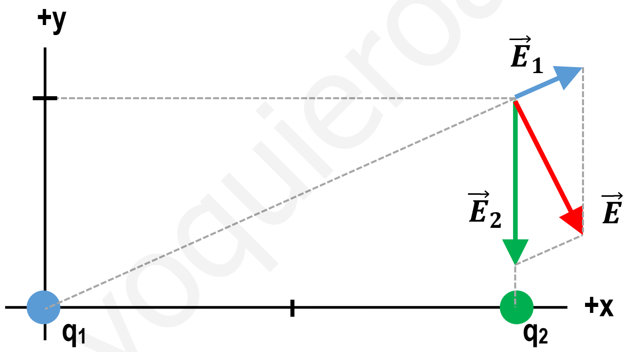
Masa = 71,43 kg, Peso = 280 N

2. a) Una partícula cargada positivamente se mueve en la misma dirección y sentido de un campo eléctrico uniforme. Responda razonadamente a las siguientes cuestiones: (i) ¿Se detendrá la partícula?; (ii) ¿se desplazará la partícula hacia donde aumenta su energía potencial?
b) Dos cargas puntuales $q_1 = 5\cdot10^{-6}$ C y $q_2 = -5\cdot10^{-6}$ C están situadas en los puntos A (0,0) m y B (2,0) m respectivamente. Calcule el valor del campo eléctrico en el punto C (2,1) m. K= $9\cdot10^9$ N m^2 C^{-2}

a) (i) Una partícula cargada dentro de un campo eléctrico sufrirá una fuerza electrostática dada por $\vec{F}_e = q\cdot\vec{E}$. Como q es positiva, la fuerza eléctrica irá en la misma dirección y sentido que el campo $\vec{E}$. Suponiendo que sea la única fuerza que actúa, la aceleración $\vec{a} = \frac{\vec{F}_e}{m} = \frac{q\cdot\vec{E}}{m}$ tendrá la misma dirección y sentido que el movimiento de la partícula, según nos dice el enunciado. Por lo tanto, la partícula no se detendrá, sino que se moverá cada vez más rápido.
(ii) El campo eléctrico marca la dirección y sentido en que el potencial eléctrico V disminuye más rápidamente. Por lo tanto, si la partícula se mueve en la dirección y sentido del campo, se mueve hacia donde el potencial disminuye. Por otra parte, la energía potencial almacenada por la carga es igual a $Ep_e = q\cdot V$. Siendo la carga positiva, vemos que si el potencial disminuye, la energía potencial también lo hará. Como consecuencia, la partícula NO se mueve hacia donde aumenta su energía potencial, sino hacia donde ésta disminuye.



b) Aplicando el principio de superposición, el campo eléctrico creado por varias cargas puntuales en un punto del espacio es igual a la suma de los campos eléctricos creados por cada carga en dicho punto.



$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

$\vec{E}_1 = \frac{Kq_1}{{r_1}^2}\vec{u}_{r1}$ $q_1 = 5\cdot10^{-6}\ C$; $\vec{r}_1 = (2,1)-(0,0) = 2\,\vec{\imath} + \vec{\jmath}\ m$; $r_1 = \sqrt{5}\ m$; $\vec{u}_{r1} = \frac{\vec{r}_1}{r_1} = \frac{2\,\vec{\imath}+\vec{\jmath}}{\sqrt{5}}$

$$\vec{E}_1 = \frac{Kq_1}{{r_1}^2}\vec{u}_{r1} = \frac{9\cdot10^9\frac{N}{C}\cdot5\cdot10^{-6}C}{(\sqrt{5}\,m)^2}\cdot\frac{2\,\vec{\imath}+\vec{\jmath}}{\sqrt{5}} = 8050\,\vec{\imath} + 4025\,\vec{\jmath}\ \tfrac{N}{C}$$

$\vec{E}_2 = \frac{Kq_2}{{r_2}^2}\vec{u}_{r2}$ $q_2 = 5\cdot10^{-6}\ C$; $\vec{r}_2 = (2,1)-(2,0) = \vec{\jmath}\ m$; $r_2 = 1\ m$; $\vec{u}_{r2} = \frac{\vec{r}_2}{r_2} = \vec{\jmath}$

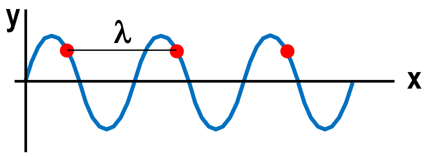
$$\vec{E}_2 = \frac{Kq_2}{{r_2}^2}\vec{u}_{r2} = \frac{9\cdot10^9\frac{N}{C}\cdot(-5)\cdot10^{-6}C}{(1m)^2}\cdot\vec{\jmath} = -45000\,\vec{\jmath}\ \tfrac{N}{C}$$

Así, $$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 8050\,\vec{\imath} - 40975\,\vec{\jmath}\ \tfrac{N}{C}$$

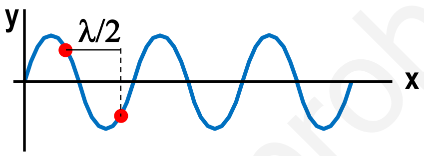
3. a) ¿Qué significa que dos puntos de la dirección de propagación de una onda armónica estén en fase o en oposición de fase? ¿Qué distancia les separaría en cada caso?
b) Una onda armónica de amplitud 0,3 m se propaga hacia la derecha por una cuerda con una velocidad de 2 m s^{-1} y un periodo de 0,125 s. Determine la ecuación de la onda correspondiente sabiendo que el punto x = 0 m de la cuerda se encuentra a la máxima altura para el instante inicial, justificando las respuestas.

a) La expresión general de una onda armónica es $y(x,t)= A\cdot \text{sen}(\omega t \pm kx+\varphi_0)$ (o $y(x,t)= A\cdot \cos(\omega t \pm kx+\varphi_0)$)
La fase ($\varphi=\omega t\pm kx+\varphi_0$) de una onda armónica nos indica el estado de vibración de un punto del medio en un instante determinado.
Dos puntos en fase tienen el mismo estado de vibración (igual elongación, igual velocidad y aceleración), y están desfasados uno respecto del otro $2n\pi$ rad, siendo n = 1,2,3… de manera que senφ (o cosφ) tomaría el mismo valor para ambos puntos. Como consecuencia, dos puntos en fase están separados una distancia igual a un nº entero de veces la longitud de onda. : $n\cdot\lambda$ (n=1,2,3…)

Dos puntos en oposición de fase tienen estados de vibración opuestos (mismos valores absolutos de elongación, velocidad y aceleración, pero signos opuestos), y están desfasados $(2n-1)\pi$ rad (n=1,2,3…) . La distancia que los separa es de un número impar de veces la mitad de la longitud de onda: $(2n+1)\lambda/2$ (n=1,2,3…)



Puntos en fase



Puntos en oposición de fase

b) La expresión general de una onda armónica es $y(x,t)= A\cdot \text{sen}(\omega t\pm kx+\varphi_0)$
Datos: Amplitud: A = 0,3 m
Periodo: T = 0,125 s Frecuencia angular: $\omega = \frac{2\pi}{T} = 16\pi\,\frac{rad}{s}$
Número de onda: $k = \frac{\omega}{v} = \frac{16\pi\ rad/s}{2\ m/s} = 8\pi\,\frac{rad}{m}$ (también $\lambda = v\cdot T$ y luego $k = \frac{2\pi}{\lambda}$)
Fase inicial: Para x=0 y t=0 → y = A sustituimos $A = A\ \text{sen}\varphi_0$ → $\text{sen}\varphi_0 = 1$ → $\varphi_0 = \pi/2$
Como se propaga hacia la derecha (sentido positivo del eje x), las partes temporal y espacial de la fase aparecen restadas.

La ecuación de la onda es $y(x,t)= 0{,}3\cdot \text{sen}(16\pi t - 8\pi x + \pi/2)$ m

(Si la ecuación la hubiéramos expresado con coseno, la fase inicial sería nula $y(x,t)= 0{,}3\cdot \cos(16\pi t - 8\pi x)$ m

4. a) Explique la conservación de la energía en el proceso de emisión de electrones por una superficie metálica al ser iluminada con luz adecuada.
b) Los fotoelectrones expulsados de la superficie de un metal por una luz de $4\cdot10^{-7}$ m de longitud de onda en el vacío son frenados por una diferencia de potencial de 0,8 V. ¿Qué diferencia de potencial se requiere para frenar los electrones expulsados de dicho metal por otra luz de $3\cdot10^{-7}$ m de longitud de onda en el vacío? Justifique todas sus respuestas.
$c = 3\cdot10^{8}$ m s^{-1}; $e = 1{,}6\cdot10^{-19}$ C; $h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ J s

a) El proceso al que se refiere la cuestión es el efecto fotoeléctrico, un fenómeno cuántico explicado por Albert Einstein en 1905 en el que se observa el comportamiento corpuscular de la luz en su interacción con la materia.
Según explicó Einstein, la luz viaja en forma de cuantos de radiación (fotones) con energía $E_f = h\cdot\upsilon$, donde υ es la frecuencia de la luz. Al incidir sobre una superficie metálica, los fotones ceden su energía a los electrones del metal. Si la energía de los fotones es mayor que la necesaria para que los electrones venzan la atracción del núcleo (trabajo de extracción W_{extr}, o función trabajo ϕ_0), se producirá la emisión de electrones por parte del metal. La energía sobrante se invierte en aumentar la energía cinética de los electrones emitidos (Ec_e). Así, podemos hacer este balance energético:

$$E_f = W_{extr} + Ec_e$$

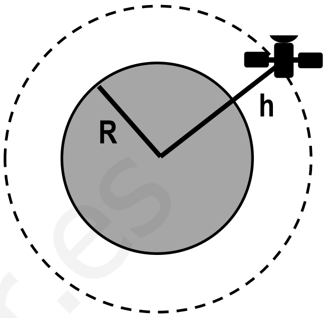
La emisión de electrones se producirá sólo si la energía de los fotones supera al trabajo de extracción, es decir, si su frecuencia está por encima de la frecuencia umbral característica del metal (Es lo que el enunciado indica como “iluminada con la luz adecuada”). De lo contrario no se producirá emisión de electrones y la energía del fotón será de nuevo emitida.

b) Como hemos explicado en el apartado anterior, el balance energético en el efecto fotoeléctrico es
$E_f = W_{extr} + Ec_e$
La energía de los fotones incidentes $E_f = h\upsilon = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}63\cdot10^{-34}Js\cdot 3\cdot10^{8}ms^{-1}}{4\cdot10^{-7}m} = 4{,}97\cdot10^{-19}\,J$
El potencial de frenado (diferencia de potencial necesaria para frenar los electrones emitidos y que no alcancen el ánodo) está relacionado con la energía cinética máxima de los electrones $Ec_e = e\cdot V_{fr}$
$Ec_e = e\cdot V_{fr} = 1{,}6\cdot10^{-19}\,C\cdot 0{,}8\,V = 1{,}28\cdot10^{-19}\,J$
Y el trabajo de extracción del metal $W_{extr} = E_f - Ec_e = 4{,}97\cdot10^{-19}\,J - 1{,}28\cdot10^{-19}\,J = 3{,}69\cdot10^{-19}\,J$

En la segunda experiencia, como la longitud de onda es menor que en el primer caso, la frecuencia de la radiación y por tanto su energía será mayor, por lo que es seguro que también se producirá el efecto fotoeléctrico.
La energía de la radiación $E_f = h\upsilon = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}63\cdot10^{-34}Js\cdot 3\cdot10^{8}ms^{-1}}{3\cdot10^{-7}m} = 6{,}63\cdot10^{-19}\,J$
Como el trabajo de extracción es el mismo, ya que es el mismo metal, ahora la energía cinética de los electrones será
$Ec_e = E_f - W_{extr} = 6{,}63\cdot10^{-19}\,J - 3{,}69\cdot10^{-19}\,J = 2{,}94\cdot10^{-19}\,J$
Calculamos ahora el potencial de frenado $V_{fr} = \frac{Ec_e}{e} = \frac{2{,}94\cdot10^{-19}\,J}{1{,}6\cdot10^{-19}\,C} = 1{,}84\,V$
Lógicamente, obtenemos un resultado mayor, ya que la energía cinética de los fotoelectrones emitidos ha aumentado.

OPCIÓN B

1. a) Un satélite artificial describe una órbita circular en tomo a la Tierra. ¿Cómo cambiaría su velocidad orbital si la masa de la Tierra se duplicase, manteniendo constante su radio? ¿Y su energía mecánica?
b) Se desea situar un satélite de 100 kg de masa en una órbita circular a 100 km de altura alrededor de la Tierra. (i) Determine la velocidad inicial mínima necesaria para que alcance dicha altura; (ii) una vez alcanzada dicha altura, calcule la velocidad que habría que proporcionarle para que se mantenga en órbita.
$G = 6{,}67\cdot 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2} ; $M_T = 5{,}98\cdot 10^{24}$ kg ; $R_T = 6370$ km



a) El satélite artificial describe órbitas circulares en torno a la Tierra debido a la atracción gravitatoria entre ambas.

Velocidad orbital (v_{orb}): Velocidad necesaria para que el satélite describa una órbita circular en torno al planeta a una distancia r determinada. $v_{orb} = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$,

donde M_T es la masa de la Tierra y r el radio de la órbita.

El radio terrestre no influye. Al duplicar la masa terrestre $M_T' = 2M_T$

$$v'_{orb} = \sqrt{\frac{GM'_T}{r}} = \sqrt{\frac{G2M_T}{r}} = \sqrt{2}\cdot\sqrt{\frac{GM_T}{r}} = \sqrt{2}\cdot v_{orb}$$

Vemos que la velocidad orbital aumenta en un factor $\sqrt{2}$

La energía mecánica del satélite es la suma de sus energías cinética y potencial gravitatoria. En el caso de una órbita circular

$$E_M = Ec + Ep_g = \tfrac{1}{2}mv^2 - \frac{GM_Tm}{r} = -\frac{GM_Tm}{2r}$$

Vemos directamente que al duplicar la masa de la Tierra, la energía mecánica del satélite se duplica

b) Resolvemos la cuestión aplicando la conservación de la energía mecánica del satélite, ya que, si despreciamos el rozamiento con el aire, una vez lanzado, sobre éste sólo actúa la fuerza gravitatoria, que es conservativa. La velocidad mínima se refiere a la necesaria para que el satélite llegue a 100 km de altura con velocidad cero.

1) Situación inicial: Superficie terrestre: $r_1 = R_T$, v_1

2) Situación final: $h = 100$ km; $r = R_T+h = 6470$ km $= 6{,}47\cdot 10^6$ m ; $v_2 = 0$ m/s

$$E_{M1} = Ec_1 + Ep_{g1} = \tfrac{1}{2}m{v_1}^2 - \frac{GM_Tm}{r_1} = \tfrac{1}{2}m{v_1}^2 - \frac{GM_Tm}{R_T}$$

$$E_{M2} = Ec_2 + Ep_{g2} = \tfrac{1}{2}m{v_2}^2 - \frac{GM_Tm}{r_2} = -\frac{GM_Tm}{R_T+h}$$

$$E_{M1} = E_{M2} \rightarrow \frac{1}{2}m{v_1}^2 - \frac{GM_Tm}{R_T} = -\frac{GM_Tm}{R_T+h} \rightarrow {v_1}^2 = \frac{2GM_T}{R_T} - \frac{2GM_T}{R_T+h} \rightarrow v_1 = 1{,}39\cdot 10^3 \text{ m/s}$$

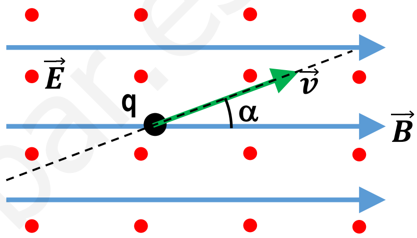
La velocidad orbital necesaria para que mantenga una órbita circular a esa altura, despreciando rozamiento con la atmósfera: $v_{orb} = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{GM}{R_T+h}} = 7{,}85\cdot 10^3$ m/s

2. a) Un electrón se mueve con un movimiento rectilíneo uniforme por una región del espacio en la que existen un campo eléctrico y un campo magnético. Justifique cual deberá ser la dirección y sentido de ambos campos y deduzca la relación entre sus módulos. ¿Qué cambiaría si la partícula fuese un protón?
b) Un conductor rectilíneo transporta una corriente de 10 A en el sentido positivo del eje Z. Un protón situado a 50 cm del conductor se dirige perpendicularmente hacia el conductor con una velocidad de $2 \cdot 10^5$ m s^{-1}. Realice una representación gráfica indicando todas las magnitudes vectoriales implicadas y determine el módulo, dirección y sentido de la fuerza que actúa sobre el protón.
$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T m A^{-1} ; e = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C

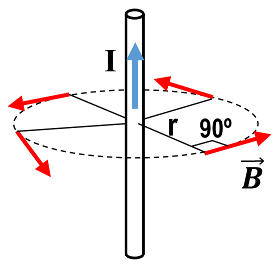
a) Si el electrón se mueve con MRU, aplicando la primera ley de Newton, deducimos que la fuera resultante que actúa sobre el electrón es nula, es decir, que las fuerzas eléctrica y magnética se anulan mutuamente

$$\vec{F}_e + \vec{F}_m = q \cdot \vec{E} + q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B} = q \cdot \left(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B}\right) = 0 \;\; \rightarrow \;\; \vec{E} = -\vec{v} \wedge \vec{B}$$

La dirección del campo eléctrico es la del producto $\vec{v} \wedge \vec{B}$, y tiene sentido opuesto (dibujo)
La relación entre los módulos es $E = v \cdot B \cdot sen\alpha$, siendo α el ángulo que forma la velocidad con el campo magnético.
Esta relación es independiente de la carga de la partícula (siempre que esté cargada), por lo que nada cambiaría en el caso de un protón.

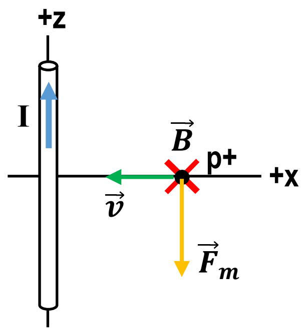


b) Según la ley de Biot-Savart, el conductor rectilíneo crea un campo magnético a su alrededor, que es perpendicular al conductor y a la distancia desde el punto hasta el cable, y cuyo sentido viene dado por la regla de la mano derecha.



$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi \cdot r}$ En un punto situado a x = 50 cm = 0,5 m

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} TmA^{-1} \cdot 10\ A}{2\pi \cdot 0{,}5\ m} = 4 \cdot 10^{-6}\ T \qquad \vec{B} = 4 \cdot 10^{-6}\ \vec{j}\ T$$



(El semieje y+ va hacia dentro del papel)

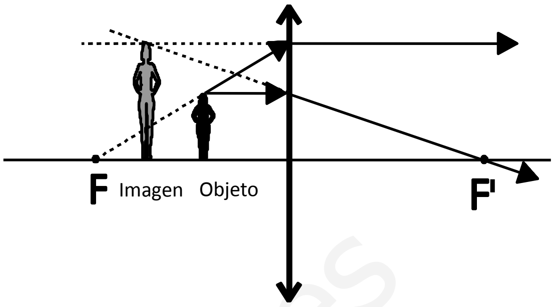
La fuerza magnética que actúa sobre el protón viene dada por la ley de Lorentz

$$\vec{F}_m = q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B} = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ -2 \cdot 10^5 & 0 & 0 \\ 0 & 4 \cdot 10^{-6} & 0 \end{vmatrix} N = -1{,}28 \cdot 10^{-19}\ \vec{k}\ N$$

Módulo: $1{,}28 \cdot 10^{-19}$ N Dirección: eje z Sentido: negativo

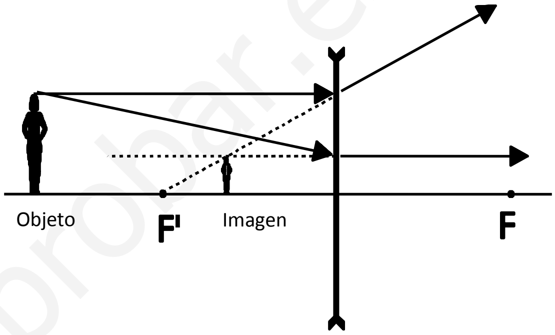
3. a) Explique dónde debe estar situado un objeto respecto a una lente delgada para obtener una imagen virtual y derecha: (i) Si la lente es convergente; (ii) si la lente es divergente. Realice en ambos casos las construcciones geométricas del trazado de rayos e indique si la imagen es mayor o menor que el objeto.
b) Un objeto luminoso se encuentra a 4 m de una pantalla. Mediante una lente situada entre el objeto y la pantalla se pretende obtener una imagen del objeto sobre la pantalla que sea real, invertida y tres veces mayor que él. Determine el tipo de lente que se tiene que utilizar, así como su distancia focal y la posición en la que debe situarse, justificando sus respuestas.

a) Un sistema óptico produce una imagen virtual cuando los rayos provenientes de un punto del objeto, al atravesar el sistema, no convergen en un punto, sino que se separan, parece que vienen de un punto, la imagen virtual. Si prolongamos hacia atrás los rayos, se juntarían en ese punto.



(i) En el caso de una lente convergente, el objeto debe encontrarse entre el foco y la lente, es decir, a una distancia de la lente menor que su distancia focal. Es el caso de una lupa. La imagen es virtual, derecha y mayor que el objeto.

(ii) En el caso de una lente divergente, da igual dónde coloquemos el objeto. Siempre se producirá una imagen virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto.



b) Para producir una imagen real e invertida mediante una lente, ésta debe ser convergente, y el objeto debe estar más alejado de la lente que su punto focal. Si queremos, además, que la imagen sea mayor que el objeto, la distancia s del objeto a la lente, no debe ser superior a dos veces la distancia focal, a partir de ahí, las imágenes producidas son menores que el objeto.
Usamos las ecuaciones de Newton de las lentes delgadas, aplicando las normas DIN:

- s: distancia objeto-lente (es un nº negativo, el objeto se coloca a la izquierda de la lente)
- s': distancia imagen-lente (positiva si está a la derecha, negativa si está la izquierda de la lente)
- f': distancia focal (positiva en las lentes convergentes, negativa en las lentes divergentes)
- y: tamaño del objeto (normalmente se coloca hacia arriba del eje óptico, por lo que es un nº positivo)
- y': tamaño de la imagen (positivo si la imagen es derecha, negativo si está invertida)

Ecuación de la lente: $\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$ Aumento lateral: $\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$

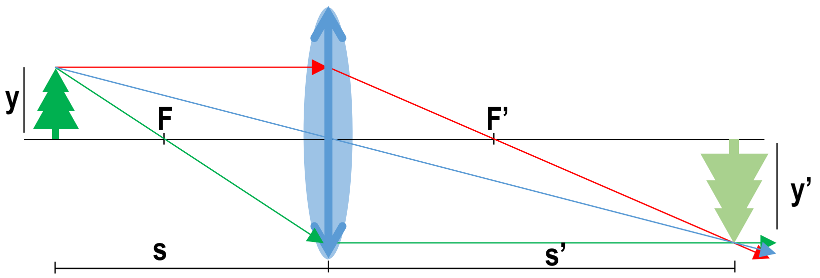
La imagen es 3 veces mayor que el objeto y está invertida: el aumento lateral es negativo $\frac{y'}{y} = -3$

$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \rightarrow -3 = \frac{s'}{s} \rightarrow s' = -3 \cdot s$

Nos dicen que la distancia entre el objeto y la imagen es de 4 m, por lo que la suma de las distancias s y s' (en valor absoluto), debe ser 4 m. Como s es negativa, debemos cambiar su signo.

$\left.\begin{array}{l} -s + s' = 4\ m \\ s' = -3\ s \end{array}\right\}$ $\quad -4 \cdot s = 4 \rightarrow s = -1\ m \rightarrow s' = 3\ m$

Calculamos la distancia focal: $\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \rightarrow \frac{1}{3} - \frac{1}{-1} = \frac{1}{f'} \rightarrow \frac{1}{f'} = \frac{4}{3} m \rightarrow f' = 0{,}75\ m$



4. a) Explique la teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico.
b) Se ilumina la superficie de un metal con dos haces de longitudes de onda $\lambda_1 = 1{,}96\cdot10^{-7}$ m y $\lambda_2 = 2{,}65\cdot10^{-7}$ m. Se observa que la energía cinética de los electrones emitidos con la luz de longitud de onda λ_1 es el doble que la de los emitidos con la de λ_2. Obtenga la energía cinética con que salen los electrones en ambos casos y la función trabajo del metal.
$h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ J s ; $c = 3\cdot10^8$ m s^{-1}

a) El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por parte de un metal al incidir sobre él radiación electromagnética. La teoría ondulatoria clásica de Maxwell sobre la luz no podía explicar las características de este fenómeno, como la existencia de una frecuencia umbral, al suponer una transmisión continua de la energía.
Einstein aplicó las hipótesis cuánticas de Planck para explicar el efecto fotoeléctrico. Pero llegó aún más allá en su ruptura con las teorías clásicas. Supuso que no sólo los intercambios de energía están cuantizados, sino que *la propia radiación está constituida por "partículas" (posteriormente llamadas **fotones**) que transportan la energía de forma discreta, concentrada en cuantos de energía*. Es decir, supuso un comportamiento corpuscular para la luz, al menos en este fenómeno. La energía de un fotón viene dada por la expresión de Planck $E_f = h\cdot\upsilon$
Suponiendo que la luz se comporta como una partícula, al chocar ésta con un electrón, le transmite instantáneamente toda su energía. Evidentemente, esta energía que cede al electrón dependerá de la frecuencia de la radiación.
Así, la energía de un fotón se emplea, en primer lugar, en arrancar al electrón del metal. Esta energía necesaria, que depende del tipo de metal, se denomina **trabajo de extracción** o **función trabajo** (W_{extr}, o Φ_o). También puede definirse como la energía mínima que debe tener el fotón para extraer un electrón del metal. Así, tendremos que $W_{extr} = h\cdot\upsilon_0$, donde υ_0 es la frecuencia umbral característica del metal.
Si el fotón no posee energía (frecuencia) suficiente, no podrá arrancar al electrón, y el fotón será emitido de nuevo. Esto explica la existencia de la frecuencia umbral.
Si la energía es superior al trabajo de extracción, la energía sobrante se emplea en darle energía cinética (velocidad) a los electrones emitidos. De este modo, llegamos a la expresión:
$$E_f = W_{extr} + Ec_e \quad \rightarrow \quad h\cdot\upsilon = h\cdot\upsilon_0 + \tfrac{1}{2}m\cdot v^2$$
Así, una mayor frecuencia de la radiación significará una mayor energía cinética de los electrones, pero no un mayor nº de electrones emitidos. Y una mayor intensidad de la radiación (mayor nº de fotones) significará un mayor nº de electrones emitidos, pero no una mayor energía cinética.

b) Como se ha explicado en el apartado a, la energía de los fotones incidentes ($E_f = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$) se invierte en vencer la atracción del núcleo y dar energía cinética a los electrones emitidos

$$E_{f1} = W_{extr} + Ec_{e1} \quad\rightarrow\quad \frac{hc}{\lambda_1} = W_{extr} + Ec_{e1} \quad\rightarrow\quad 1{,}01\cdot10^{-18}\ J = W_{extr} + 2\cdot Ec_{e2}$$

$$E_{f2} = W_{extr} + Ec_{e2} \quad\rightarrow\quad \frac{hc}{\lambda_2} = W_{extr} + Ec_{e2} \quad\rightarrow\quad 7{,}59\cdot10^{-19}\ J = W_{extr} + Ec_{e2}$$

$$Ec_{e1} = 2\cdot Ec_{e2}$$

$Ec_{e2} = 2{,}59\cdot10^{-19}$ J

$Ec_{e1} = 2\cdot Ec_{e2} = 5{,}18\cdot10^{-19}$ J

Despejando al función trabajo $W_{extr} = 4{,}92\cdot10^{-19}$ J