UNIVERSIDADES DE ANDALUCÍA
SELECTIVIDAD. FÍSICA. JUNIO 08

OPCIÓN A

1. Comente razonadamente la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones:
a) La fuerza magnética entre dos conductores rectilíneos e indefinidos por los que circulan corrientes de diferente sentido es repulsiva.
b) Si una partícula cargada en movimiento penetra en una región en la que existe un campo magnético siempre actúa sobre ella una fuerza.

2. a) Explique la formación de imágenes y sus características en una lente divergente.
b) ¿Pueden formarse imágenes virtuales con lentes convergentes? Razone la respuesta.

3. Un satélite del sistema de posicionamiento GPS, de 1200 kg, se encuentra en una órbita circular de radio 3 R_T.
a) Calcule la variación que ha experimentado el peso del satélite respecto del que tenía en la superficie terrestre.
b) Determine la velocidad orbital del satélite y razone si la órbita descrita es geoestacionaria.
$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2} ; $M_T = 6,0 \cdot 10^{24}$ kg ; $R_T = 6400$ km

4. La masa atómica del isótopo ${}^{14}_{7}N$ es 14,0001089 u.
a) Indique los nucleones de este isótopo y calcule su defecto de masa.
b) Calcule su energía de enlace.
$c = 3,0 \cdot 10^{8}$ m·s^{-1} ; 1 u = $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg ; $m_p = 1,007276$ u ; $m_n = 1,008665$ u

OPCIÓN B

1. a) Conservación de la energía mecánica.
b) Un cuerpo desliza hacia arriba por un plano inclinado que forma un ángulo α con la horizontal. Razone qué trabajo realiza la fuerza peso del cuerpo al desplazarse éste una distancia d sobre el plano.

2. a) Describa el movimiento armónico simple y comente sus características cinemáticas y dinámicas.
b) Una masa oscila verticalmente suspendida de un muelle. Describa los tipos de energía que intervienen y sus respectivas transformaciones.

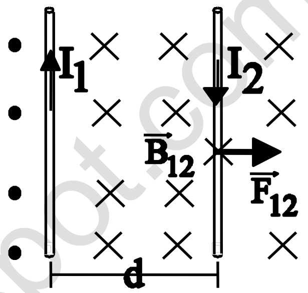
3. Una bolita de plástico de 2 g se encuentra suspendida de un hilo de 20 cm de longitud y, al aplicar un campo eléctrico uniforme y horizontal de 1000 N C^{-1}, el hilo forma un ángulo de 15° con la vertical.
a) Dibuje en un esquema el campo eléctrico y todas las fuerzas que actúan sobre la esfera y determine su carga eléctrica.
b) Explique cómo cambia la energía potencial de la esfera al aplicar el campo eléctrico. $g = 10$ m·s^{-2}

4. a) Un haz de electrones se acelera bajo la acción de un campo eléctrico hasta una velocidad de $6 \cdot 10^{5}$ m·s^{-1}. Haciendo uso de la hipótesis de De Broglie calcule la longitud de onda asociada a los electrones.
b) La masa del protón es aproximadamente 1800 veces la del electrón. Calcule la relación entre las longitudes de onda de De Broglie de protones y electrones suponiendo que se mueven con la misma energía cinética.
$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s ; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.

SELECTIVIDAD. FÍSICA. JUNIO 08 SOLUCIÓN.

OPCIÓN A

1. Comente razonadamente la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones:
a) La fuerza magnética entre dos conductores rectilíneos e indefinidos por los que circulan corrientes de diferente sentido es repulsiva.
b) Si una partícula cargada en movimiento penetra en una región en la que existe un campo magnético siempre actúa sobre ella una fuerza.



a) La afirmación es cierta. Podemos calcular la fuerza que un conductor ejerce sobre el otro calculando en primer lugar el campo magnético que crea el primer conductor en la zona en la que está el segundo

$B_{12} = \frac{\mu \cdot I_1}{2 \cdot \pi \cdot d}$ con dirección perpendicular a al conductor y a la distancia, y sentido dado por la regla de la mano derecha,

y posteriormente aplicar la ley de Laplace para obtener la fuerza que sufre el conductor 2.

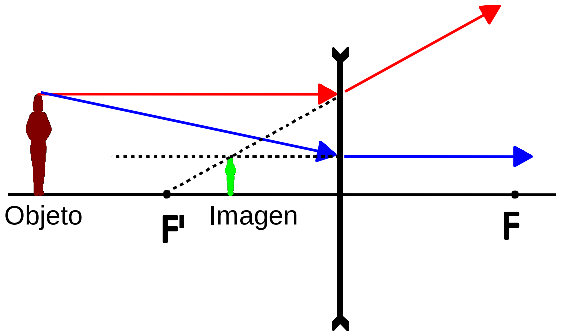
$\vec{F}_{12} = I_2 \cdot \vec{L_2} \wedge \vec{B_{12}}$

El sentido de esta fuerza hace que el conductor 2 tienda a alejarse del 1, como puede verse en el esquema.

Del mismo modo puede calcularse la fuerza que ejerce el conductor 2 sobre el 1. Cumpliendo la 3º ley de Newton, va en sentido contrario. Estas fuerzas hacen que ambos conductores sufran repulsión.

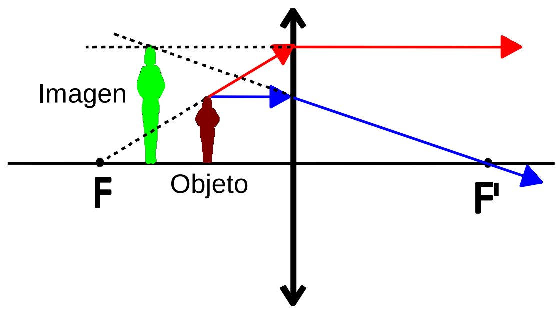
b) La fuerza magnética que sufre una partícula cargada q en el interior de un campo magnético viene dada por la ley de Lorentz $\vec{F}_m = q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$, donde $\vec{v}$ es la velocidad de la partícula y $\vec{B}$ el campo magnético.
Si la partícula se mueve en dirección paralela al campo magnético, entonces el producto vectorial será nulo, y no actuará fuerza magnética sobre la partícula.
Por lo tanto, la afirmación es falsa. No siempre actuará una fuerza.

2. a) Explique la formación de imágenes y sus características en una lente divergente.
b) ¿Pueden formarse imágenes virtuales con lentes convergentes? Razone la respuesta.



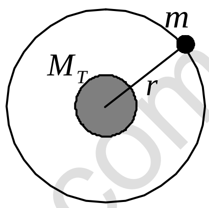
a) Una lente divergente es un sistema óptico (normalmente de vidrio) que, mediante refracción, rayos que inciden paralelos al eje óptico, a la salida diverjan de un punto denominado foco. La posición de los focos objeto (F) e imagen (F') está indicada en el esquema.

La imagen que produce una lente divergente es siempre virtual (los rayos no convergen en un punto, sino que parecen divergir de él), derecha y más pequeña que el objeto, como puede verse en el esquema de rayos.



b) Una lente convergente puede producir una imagen virtual si el objeto está situado entre el foco objeto y la lente. Es el caso de una lupa, que produce imágenes virtuales, derechas y de mayor tamaño que el objeto. En el siguiente esquema vemos cómo se forman las imágenes en este caso.

3. Un satélite del sistema de posicionamiento GPS, de 1200 kg, se encuentra en una órbita circular de radio 3 R_T.
a) Calcule la variación que ha experimentado el peso del satélite respecto del que tenía en la superficie terrestre.
b) Determine la velocidad orbital del satélite y razone si la órbita descrita es geoestacionaria.
$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2} ; $M_T = 6{,}0 \cdot 10^{24}$ kg ; $R_T = 6400$ km



a) En su órbita alrededor de la Tierra, el satélite está sometido únicamente a la acción de la fuerza gravitatotia que la Tierra ejerce sobre el mismo. Esta fuerza (el peso del satélite) viene dada por la ley de Gravitación de Newton.

$$F_{g\,órbita} = \frac{G \cdot M \cdot m}{r^2} = \frac{G \cdot M_T \cdot m}{(3R_T)^2} = \frac{G \cdot M_T \cdot m}{9R_T{}^2} = \frac{F_{g\,sup}}{9}$$

Vemos que el peso del satélite se reduce a la novena parte del peso en la superficie terrestre.

Datos:
$r = 3\,R_T = 19200$ km $= 1{,}92 \cdot 10^7$ m
$m = 1200$ kg.

(También puede entenderse la variación como la diferencia numérica entre los pesos. Basta entonces con sustituir los valores para el caso de la superficie terrestre ($r = R_T$), dando un peso de 11724,6 N, y para el caso de la órbita ($r = 3\,R_T$), siendo el peso entonces de 1302,7 N. El peso disminuye en 10421,9 N.)

b) La velocidad del satélite en su órbita se calcula con la expresión

$$v_{orb} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} = \sqrt{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 6{,}0 \cdot 10^{24}}{3 \cdot 6{,}4 \cdot 10^6}} = 4565{,}5\ m \cdot s^{-1}$$

Un satélite geoestacionario se encuentra siempre sobre la vertical del mismo punto de la superficie terrestre. Para que esto ocurra, la órbita debe ser ecuatorial y su periodo de revolución debe ser igual al terrestre, es decir, de 1 día (86400 s). Esto hace que sólo exista una posible órbita para este tipo de satélites, con un radio de unos 42.000 km. No es este el caso del problema.

Calcularemos el periodo de revolución del satélite. Dado que se trata de un movimiento uniforme, podemos calcular este tiempo dividiendo la distancia recorrida (una vuelta = 2 · π · r) entre la velocidad que lleva (v_{orb}). Así

$$T = \frac{d}{v_{orb}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{v_{orb}} = 26423{,}6\ s\ (7{,}3\ h)$$

Por tanto, no puede ser geoestacionario.

Otra forma de calcularlo, es a partir de la aplicación de la 3ª ley de Kepler al movimiento del satélite.

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \rightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}} = 26423{,}6\ s$$

4. La masa atómica del isótopo $^{14}_{7}N$ es 14,0001089 u.

a) Indique los nucleones de este isótopo y calcule su defecto de masa.
b) Calcule su energía de enlace.
$c = 3{,}0 \cdot 10^{8}\ m \cdot s^{-1}$; $1\ u = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg ; $m_p = 1{,}007276$ u ; $m_n = 1{,}008665$ u

a) El número de nucleones (protones o neutrones) de un determinado isótopo vienen determinados por su número atómico (Z = nº de protones = 7 en este caso) y su número másico (A = nº de protones + nº de neutrones). Así
A = Z + N → 14 = 7 + N → N = 7

Este isótopo posee en su núcleo 7 protones y 7 neutrones.

El defecto másico de un núcleo es la diferencia entre la masa del núcleo y la suma de las masas de sus partículas por separado.

$$\Delta m = m_{NÚCLEO} - \sum m_{PARTÍCULAS} = 14{,}001089\,u - (7 \cdot 1{,}007276\,u + 7 \cdot 1{,}008665\,u) = -0.110498\,u$$

En unidades del S.I. $\Delta m = -1{,}845 \cdot 10^{-28}\ kg$ (el signo – corresponde a masa perdida)

b) Cuando se forma un núcleo mediante la unión de los protones y neutrones que lo componen, se observa que *la masa nuclear es menor que la suma de las masas de las partículas por separado*. Es decir, se ha perdido masa en el proceso de formación (sin embargo, las partículas siguen siendo las mismas). A esa masa perdida se le denomina **defecto másico (Δm)** . Se calcula con la expresión
$\Delta m = m_{NÚCLEO} - \sum m_{PARTÍCULAS}$.
¿Que ha ocurrido con esta masa? Pues se ha transformado en energía, la cual es desprendida en forma de radiación. *La cantidad de energía desprendida al formarse el núcleo a partir de sus partículas* se denomina **energía de enlace (E_e),** y se calcula mediante $E_e = |\Delta m \cdot c^2|$

Si bien es una energía desprendida (correspondería que fuera negativa), se toma en valor absoluto.

También puede entenderse la energía de enlace como la *energía que hay que suministrar al núcleo para descomponerlo en sus partículas*. (entonces cobra sentido el signo positivo)

Para el $^{14}_{7}N$, la energía de enlace queda

$$E_e = |\Delta m \cdot c^2| = 1{,}845 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^{8})^2 = 1{,}66 \cdot 10^{-11}\ J$$

OPCIÓN B:

1. a) Conservación de la energía mecánica.
b) Un cuerpo desliza hacia arriba por un plano inclinado que forma un ángulo α con la horizontal. Razone qué trabajo realiza la fuerza peso del cuerpo al desplazarse éste una distancia d sobre el plano.

a) Entendemos por energía mecánica la suma de las energías debidas al movimiento (energía cinética, $Ec = \frac{1}{2} m \cdot v^2$) y a la acción de fuerzas conservativas sobre el cuerpo (energía potencial). Dado que existen tres tipos de fuerzas conservativas (gravitatoria, elástica y electrostática), tendremos también tres tipos de energía potencial que puede almacenar el cuerpo estudiado. Así, la energía mecánica queda

$$E_M = Ec + Ep = Ec + (Ep_g + Ep_e + Ep_{el})$$

<u>Variación y conservación de la energía mecánica:</u>
El trabajo realizado por las fuerzas que actúan sobre el sistema producen variación en los tipos de energía del mismo Así, sabemos, por el teorema trabajo-energía cinética, que el trabajo total realizado varía la energía cinética $\Delta Ec = W_{TOT}$

Y que el trabajo de las fuerzas conservativas varía la energía potencial $\Delta Ep = -W_{FC}$

La variación total de energía mecánica será $\Delta E_M = \Delta Ec + \Delta Ep$

Con lo cual, sustituyendo, nos queda $\Delta E_M = W_{TOT} - W_{FC} = W_{FNC}$

Es decir, *son las fuerzas no conservativas aplicadas al cuerpo las que hacen que cambie su energía mecánica*.

Dicho de otra forma: *Si sobre un cuerpo actúan fuerzas no conservativas y éstas realizan trabajo, la energía mecánica del cuerpo variará*. Esas fuerzas no conservativas pueden hacer que la E_M aumente o disminuya. En ese último caso se dice que la fuerza es *disipativa* (por ejemplo el rozamiento)

<u>Principio de conservación de la energía mecánica</u>:

De lo anterior podemos extraer una nueva lectura, que se conoce como "principio de conservación de la energía mecánica".

Si sobre un cuerpo no actúan fuerzas no conservativas, o éstas no realizan trabajo, la energía mecánica del cuerpo se mantendrá constante $si \;\; W_{FNC} = 0 \rightarrow \Delta E_M = 0 \rightarrow E_M = cte.$

b) Podemos calcular el trabajo del peso teniendo en cuenta que la fuerza gravitatoria es conservativa, de manera que $W_{Fg} = -\Delta Ep_g$

Considerando que estamos en la superficie terrestre y que la altura alcanzada es mucho menor que el radio de la Tierra, podemos suponer que la gravedad se mantiene constante durante el desplazamiento y que la energía potencial tiene la expresión $Ep_g = mgh$, con el nivel cero de energía potencial en el suelo *(h = 0 m)*

Así, $W_{Fg} = -\Delta Ep_g = Ep_{g1} - Ep_{g2} = 0 - mgh = -mgh = -mg \cdot d \cdot sen\alpha$

Vemos que el peso realiza un trabajo negativo, ya que se opone al desplazamiento. Esto hace que aumente la energía potencial gravitatoria almacenada.

(También puede calcularse a partir de la consideración de que el peso es una fuerza constante. El trabajo realizado será $W_{Fg} = \vec{F}_g \cdot \Delta\vec{r} = mg \cdot d \cdot cos(90+\alpha) = -mg \cdot d \cdot sen\alpha$

2. a) Describa el movimiento armónico simple y comente sus características cinemáticas y dinámicas.
b) Una masa oscila verticalmente suspendida de un muelle. Describa los tipos de energía que intervienen y sus respectivas transformaciones.

a) Un movimiento armónico simple (m.a.s.) es un movimiento oscilatorio periódico, cuya elongación (desplazamiento) respecto a la posición de equilibrio (y) viene dada por una función sinusoidal $y = A \cdot sen(\omega \cdot t + \varphi_0)$, donde A es la amplitud del movimiento, ω la frecuencia angular y φ_0 la fase inicial del movimiento.
La velocidad la obtenemos derivando la posición respecto al tiempo. $v_y = \frac{dy}{dt} = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$

Y la aceleración, derivando la velocidad respecto al tiempo $a_y = \frac{dv_y}{dt} = -A \cdot \omega^2 \cdot sen(\omega \cdot t + \varphi_0)$

Comparando las expresiones de posición y aceleración, comprobamos que se cumple que $a_y = -\omega^2 \cdot y$, es decir, la aceleración es proporcional al desplazamiento, y va en sentido contrario.

Dinámicamente, un sistema físico describe un m.a.s. cuando está sometido a una fuerza que es proporcional al deslazamiento respecto a una determinada posición (posición de equilibrio) y se opone a dicho desplazamiento. La ley de Hooke de los cuerpos elásticos es un ejemplo característico. Por ejemplo, para una partícula unida a un resorte, aplicando la 2º ley de Newton, obtenemos la expresión de la frecuencia característica de oscilación a partir de la masa de la partícula y de la constante elástica del resorte.

$$\left.\begin{array}{r} Fel = -K \cdot y \\ \Sigma F = m \cdot a_y = -m \cdot \omega^2 \cdot y \end{array}\right\} \quad K = m \cdot \omega^2 \quad \rightarrow \quad \omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

b) En la oscilación vertical, y despreciando el rozamiento, la partícula sólo está sometida a dos fuerzas conservativas, el peso y la fuerza elástica. Por consiguiente, la energía mecánica del sistema se mantendrá constante. Las energías presentes (cinética, potencial elástica y potencial gravitatoria) varían de la siguiente forma durante una oscilación completa:

$$Ec = \tfrac{1}{2} m \cdot v_y^{\,2} \quad ; \quad Ep_{el} = \tfrac{1}{2} K \cdot y^2 \quad ; \quad Epg = mgh$$

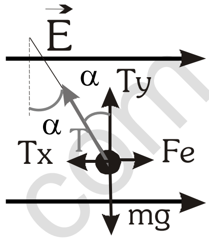
En el punto más alto de la oscilación, la energía potencial gravitatoria es máxima, así como la elástica, ya que el muelle sufre su máxima compresión. En este punto la velocidad de la partícula es nula, por lo que la energía cinética también lo es.
Al descender, disminuyen las energías gravitatoria y cinética, al tiempo que aumenta la energía cinética, hasta pasar por la posición de equilibrio, donde la Ec es máxima y la Ep elástica es nula (estiramiento cero).
A partir de este momento, con el estiramiento del muelle, vuelve a aumentar la energía potencial elástica, a costa de la disminución de la cinética, que llega a anularse en el punto de máximo estiramiento (el más bajo de la trayectoria), siendo otra vez máxima la energía elástica. La energía gravitatoria alcanza su valor más bajo.

A partir de aquí, el proceso se repite a la inversa. Durante la subida disminuye la energía elástica almacenada, transformándose en energía cinética y energía gravitatoria. Al pasar por la posición de equilibrio, nuevamente la Ec es máxima y la elástica se anula. Finalmente, al seguir ascendiendo se comprime el muelle, con lo que la Ec disminuye hasta anularse en el punto más alto, al tiempo que la energía elástica vuelve a aumentar hasta su valor máximo.

3. Una bolita de plástico de 2 g se encuentra suspendida de un hilo de 20 cm de longitud y, al aplicar un campo eléctrico uniforme y horizontal de 1000 N C^{-1}, el hilo forma un ángulo de 15° con la vertical. Considere g = 10 m·s^{-2}

a) Dibuje en un esquema el campo eléctrico y todas las fuerzas que actúan sobre la esfera y determine su carga eléctrica.

b) Explique cómo cambia la energía potencial de la esfera al aplicar el campo eléctrico.



a) Nos encontramos ante una partícula cargada dentro de un campo electrostático.

La bolita cargada se desvía por acción de la fuerza electrostática $\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$. No nos dicen si la carga es positiva o negativa (esto es un fallo del enunciado), así que la supondremos positiva, para poder hacer un esquema de fuerzas.

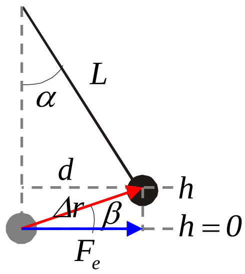
Las fuerzas que actúan sobre la bolita son la gravitatoria, la electrostática y la tensión del hilo (descompuesta en el esquema en Tx y Ty)

Aplicando la primera ley de Newton a la bolita en equilibrio, $\Sigma\vec{F} = 0$, llegamos a

$$\left.\begin{array}{l} x: \quad Fe - Tx = 0 \rightarrow |q| \cdot E = T \cdot sen\alpha \\ y: \quad Ty - Fg = 0 \quad \rightarrow \quad m \cdot g = T \cdot cos\alpha \end{array}\right\} \frac{|q| \cdot E}{m \cdot g} = tg\alpha \rightarrow |q| = \frac{m \cdot g \cdot tg\alpha}{E}$$

Sustituyendo valores, obtenemos que $|q| = 5{,}36 \cdot 10^{-6}\ C$.

b) Esta pregunta puede llevar a confusión, ya que no especifica si se refiere sólo a energía potencial electrostática o a todas las energías potenciales, lo que incluiría la gravitatoria. Resolveremos el problema de la forma más general posible, calculando ambas.



A partir de la figura:

L = 0,2 m α = 15º d = L · senα = 0,05176 m

h = L – L · cosα = 0,2 – 0,19319 = 0,00681 m

La variación de energía potencial gravitatoria

$$\Delta Ep_g = Ep_{g2} - Ep_{g1} = mgh - 0 = 1{,}362 \cdot 10^{-4}\ J$$

Y la de energía potencial electrostática, la calculamos sabiendo que la fuerza electrostática es conservativa, con lo que $\Delta Ep_e = -W_{Fe}$

A su vez el trabajo eléctrico lo obtenemos teniendo en cuenta que la fuerza eléctrica es constante en todo momento, y podemos usar la expresión $W_{Fe} = \vec{F}_e \cdot \Delta\vec{r} = F_e \cdot \Delta r \cdot cos\,\beta$

Así, $\Delta Ep_e = -W_{Fe} = -\vec{F}_e \cdot \Delta\vec{r} = -F_e \cdot \Delta r \cdot cos\,\beta = -q \cdot E \cdot \Delta r \cdot cos\,\beta = -q \cdot E \cdot d = -2{,}774 \cdot 10^{-4}\ J$

Y la variación total de energía potencial es de $\Delta Ep = \Delta Ep_e + \Delta Ep_g = -1{,}412 \cdot 10^{-4}\ J$

(A partir de aquí ya no lo pide el problema, pero creo que enriquece la resolución)

Teniendo en cuenta que la energía mecánica se mantiene constante (la única fuerza no conservativa que actúa, la tensión del hilo, es en cada momento perpendicular al desplazamiento - es una fuerza centrípeta - por lo que no realizará trabajo) habrá un aumento neto en la energía cinética de la bola

$$E_M = cte \quad \rightarrow \quad \Delta Ec = -\Delta Ep_e = 1{,}412 \cdot 10^{-4}\ J$$

Conclusión:

El trabajo positivo realizado por la fuerza electrostática hace que la energía potencial electrostática disminuya. Esta energía se transforma en energía cinética y además, conforme la bolita asciende, en energía potencial gravitatoria, hasta llegar a la situación de equilibrio.

Pero cuando llega a esta posición, todavía posee energía cinética, por lo que la bolita pasará de largo para frenar y detenerse un poco más allá (a partir de los 15º, Tx se hace mayor que la fuerza eléctrica y Ty menor

que la gravitatoria, y la resultante frena el movimiento) y volver, realizando oscilaciones en torno a la posición de equilibrio de 15º.
(Algo parecido a lo que sucede con un muelle oscilante o un péndulo ordinario)

4. a) Un haz de electrones se acelera bajo la acción de un campo eléctrico hasta una velocidad de 6 ·10^{5} m·s^{-1}. Haciendo uso de la hipótesis de De Broglie calcule la longitud de onda asociada a los electrones.
b) La masa del protón es aproximadamente 1800 veces la del electrón. Calcule la relación entre las longitudes de onda de De Broglie de protones y electrones suponiendo que se mueven con la misma energía cinética.
h = 6,63 ·10^{-34} J·s ; m$_e$ = 9,1 ·10^{-31} kg.

a) El científico francés **Louis de Broglie**, basándose en los resultados de Planck, Einstein y otros (Compton), supuso en 1924 que *cualquier partícula puede comportarse como una onda en determinados experimentos*. *A cada partícula corresponde una onda asociada*. Es decir, supuso que toda la materia tiene un comportamiento dual.

Dicho comportamiento ondulatorio vendrá caracterizado por una λ, llamada **longitud de onda asociada** a la partícula que estemos considerando. Esta λ viene dada por la expresión $\lambda = \frac{h}{p}$, donde h es la cte de Planck y $p = m \cdot v$ es la cantidad de movimiento de la partícula. Así $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$

La onda asociada a una partícula recibe el nombre de **onda de materia**.

Para los electrones del problema $$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s}{9{,}1 \cdot 10^{-31}\ kg \cdot 6 \cdot 10^{5}\ ms^{-1}} = 1{,}21 \cdot 10^{-9}\ m$$

b) La energía cinética de una partícula viene dada por $Ec = \frac{1}{2} m \cdot v^2$. Si ambas partículas poseen la misma energía cinética, su velocidad será diferente. Así

$$v_p = \sqrt{\frac{2Ec}{m_p}} = \sqrt{\frac{2Ec}{1800 m_e}} = 0{,}0236 \cdot \sqrt{\frac{2Ec}{m_e}} = 0{,}0236 \cdot v_e$$

Sustituyendo en la expresión de De Broglie

$$\lambda_p = \frac{h}{m_p \cdot v_p} = \frac{h}{1800 m_e \cdot 0{,}0236 v_e} = 0{,}0235 \cdot \frac{h}{m_e \cdot v_e} = 0{,}0235 \cdot \lambda_e$$