OLIMPIADA DE FÍSICA 2025.
FASE LOCAL DE GRANADA. 21 de febrero de 2025
Prueba resuelta

Cuestiones

1) En la reacción química de formación del HCl, un átomo de H lleva una velocidad de $1,5 \cdot 10^5$ m/s, mientras el átomode Cl se mueve perpendicularmente a la dirección del primero con una velocidad de $3,4 \cdot 10^4$ m/s. Clacular el módulo de la velocidead y la dirección de la molécula de HCl que se forma tras la colisión, sabiendo que el átomo de Cl es 35,45 veces más pesado que el átomo de H.

2) Tres estrellas idénticas de masa m cada una, están situadas en los vértices de un triángulo equilátero de lado a, moviéndose en la misma órbita circular. Para cada estrella la fuerza centrípeta necesaria viene suministrada por la fuerza gravitatoria de las otras dos estrellas. Determine el periodo de rotación T de una estrella del sistema.

3) Considere dos hilos rectos, indefinidos y paralelos, separados por una distancia de 1 m, recorridos, por dos intensidades de sentido contrarios y valor uno doble que el otro. Determine, ayudándose de un esquema, los puntos donde el campo magnético es nulo, si existen.

4) En una región de campo eléctrico E constante y horizontal se introduce una partícula de carga q y masa m, colgada de un hilo de longitud L, sabiendo que la carga forma un ángulo α con la vertical, determine el valor del campo eléctrico E.

PROBLEMA 1

Se lanza horizontalmente un objeto de 200 g desde un acantilado de 50 m de altura, con una determinada velocidad. Posteriormente se vuelve a lanzar el mismo objeto, también horizontalmente desde el acantilado, con la misma velocidad inicial, pero ahora el viento imprime al objeto una fuerza horizontal de 0,1 N en el mismo sentido que se ha lanzado el objeto. Determine:

a) El tiempo que tarda en llegar el objeto a la base del acantilado en cada uno de los lanzamientos.

b) La distancia que separa los impactos, en la base del acantilado, para los dos lanzamientos.

PROBLEMA 2

Un electrón se lanza horizontalmente con una velocidad inicial de 1000 km/s por el punto medio entre las placas cuadradas, de 50 cm de lado y verticales, de un condensador plano, y sale por el otro extremo, justamente por el borde de la placa positiva. El campo eléctrico entre las placas es de 3 N/C. Posteriormente, el electrón incide sobre una placa fluorescente vertical y perpendicular al condensador, situada a 50 cm del borde de salida del mismo.

Calcule:

1. La diferencia de potencial entre las placas del condensador.
2. El desplazamiento horizontal experimentado por el electrón justamente al impactar sobre la pantalla.

Datos: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg , $q_e = - 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Cuestiones

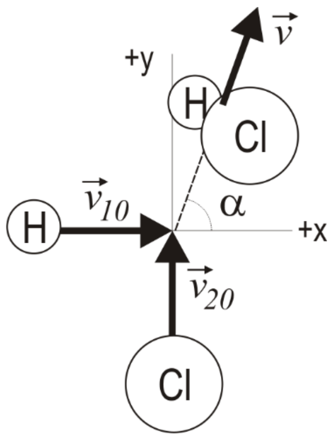
1) En la reacción química de formación del HCl, un átomo de H lleva una velocidad de 1,5 ·10^5 m/s, mientras el átomo de Cl se mueve perpendicularmente a la dirección del primero con una velocidad de 3,4 ·10^4 m/s. Calcular el módulo de la velocidead y la dirección de la molécula de HCl que se forma tras la colisión, sabiendo que el átomo de Cl es 35,45 veces más pesado que el átomo de H.

Consideramos el proceso como una colisión completamente inelástica, en la que las dos partículas terminan unidas, con la misma velocidad final $\vec{v}$. La cantidad de movimiento total del sistema permanece constante.

$\Sigma\vec{p}_0 = \Sigma\vec{p}_f$

Consideramos: 1. Hidrógeno $m_1 = m$, $\vec{v}_{10} = 1{,}5 \cdot 10^5\, \vec{\imath}\ m/s$

2. Cloro $m_2 = 35{,}45 \cdot m$, $\vec{v}_{20} = 3{,}4 \cdot 10^4\, \vec{\jmath}\ m/s$



Así:

$$m_1 \cdot \vec{v}_{10} + m_2 \cdot \vec{v}_{20} = (m_1 + m_2) \cdot \vec{v} \rightarrow m \cdot \vec{v}_{10} + 35{,}45 \cdot m \cdot \vec{v}_{20} = 36{,}45 \cdot m \cdot \vec{v}$$

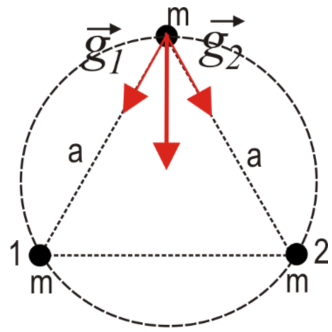
$$\vec{v} = \frac{\cancel{m} \cdot \vec{v}_{10} + 35{,}45 \cdot \cancel{m} \cdot \vec{v}_{20}}{36{,}45 \cdot \cancel{m}} = 4{,}11 \cdot 10^3\, \vec{\imath} + 3{,}31 \cdot 10^4\, \vec{\jmath}\ m/s$$

Módulo: $v = 3{,}34 \cdot 10^4\ m/s$ Ángulo α con la horizontal $\alpha = artg\left(\frac{v_y}{v_x}\right) = 82{,}9º$

2) Tres estrellas idénticas de masa m cada una, están situadas en los vértices de un triángulo equilátero de lado a, moviéndose en la misma órbita circular. Para cada estrella la fuerza centrípeta necesaria viene suministrada por la fuerza gravitatoria de las otras dos estrellas. Determine el periodo de rotación T de una estrella del sistema.

El movimiento de las tres estrellas es idéntico. Estudiamos el de una de ellas. Sobre esa estrella actúan las atracciones gravitatorias de las otras dos. Ley de gravitación universal $\left(F_g = \frac{GMm}{r^2}\right)$

$F_{g1} = F_{g2} = \frac{Gm^2}{a^2}$ (todas las masas son iguales y están separadas una distancia a)



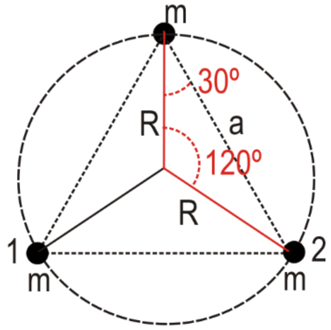
Al descomponer, vemos en el dibujo que, por simetría, las componentes horizontales se anulan, y las componentes verticales, que son iguales, se suman. La resultante, en módulo, es igual a

$$F = \frac{2 \cdot G \cdot m^2 \cdot cos30º}{a^2}$$

Esta fuerza resultante es la causa del movimiento circular uniforme que describe la masa (y las otras dos). Así:

$$m \cdot \frac{v^2}{r} = \frac{2 \cdot G \cdot m^2 \cdot cos30º}{a^2} \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot m \cdot cos30º}{a^2} \cdot r}$$

Calculamos r aplicando el teorema del seno (dibujo)



$$\frac{a}{sen120º} = \frac{r}{sen30º} \rightarrow r = a \cdot tg30º$$

Con lo que $v = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot m \cdot sen30º}{a}}$

El periodo del movimiento orbital: $T = \frac{2\pi \cdot r}{v} = \frac{2\pi \cdot a \cdot tg30º}{\sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot m \cdot sen30º}{a}}}$

3) Considere dos hilos rectos, indefinidos y paralelos, separados por una distancia de 1 m, recorridos, por dos intensidades de sentido contrarios y valor uno doble que el otro. Determine, ayudándose de un esquema, los puntos donde el campo magnético es nulo, si existen.

Consideramos que $I_2 = 2 \cdot I_1$

El campo magnético que produce una corriente rectilínea indefinida viene dado por la ley de Biot-Savart. Aplicamos el principio de superposición para obtener el campo total.

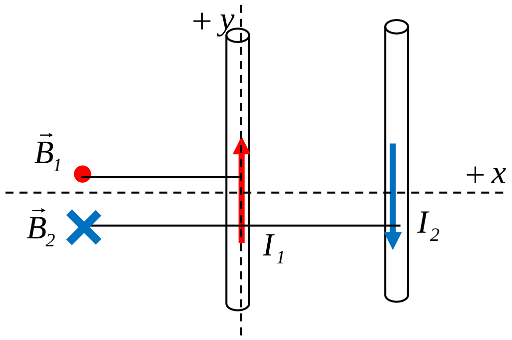
Para que el campo total sea nulo, $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0 \rightarrow \vec{B}_1 = -\vec{B}_2$

Ambos campos deben ser iguales en módulo: $\frac{\mu \cdot I_1}{2\pi \cdot r_1} = \frac{\mu \cdot I_2}{2\pi \cdot r_2} \rightarrow \frac{I_1}{r_1} = \frac{2 \cdot I_1}{r_2} \rightarrow r_2 = 2 \cdot r_1$

El punto debe estar más cerca de la corriente 1.

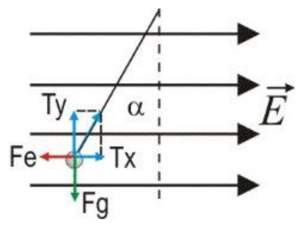
Ambos deben ir en igual dirección: Eje z. El punto está situado en el mismo plano que los cables.
Deben ir en sentido opuestos: Esto ocurre en la zona izquierda del dibujo, ya que en la zona entre los cables ambos campos van en el mismo sentido.

Así, las dos ecuaciones que tenemos : $r_2 = 2 \cdot r_1$
$r_2 = r_1 + d \rightarrow 2 \cdot r_1 = r_1 + 1 \rightarrow r_1 = 1\ m\ ,\ r_2 = 2\ m$
d = 1 m



4) En una región de campo eléctrico E constante y horizontal se introduce una partícula de carga q y masa m, colgada de un hilo de longitud L, sabiendo que la carga forma un ángulo α con la vertical, determine el valor del campo eléctrico E.

El campo eléctrico ejerce una fuerza eléctrica sobre la bolita cargada que hace que el péndulo se desvíe de la vertical. Suponiendo una carga q negativa, el péndulo se desvía en sentido opuesto al campo. $\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$



Calculamos el valor del campo aplicando la primera ley de Newton a la situación final:
$\Sigma\vec{F} = 0$ (equilibrio)

$$\begin{cases} (x)\ Tx - Fe = 0 \\ (y)\ Ty - Fg = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} (x)\ T \cdot sen\alpha - Fe = 0 \\ (y)\ T \cdot cos\alpha - Fg = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} Fe = T \cdot sen\alpha \\ Fg = T \cdot cos\alpha \end{cases} \rightarrow \begin{cases} |q| \cdot E = T \cdot sen\alpha \\ m \cdot g = T \cdot cos\alpha \end{cases}$$

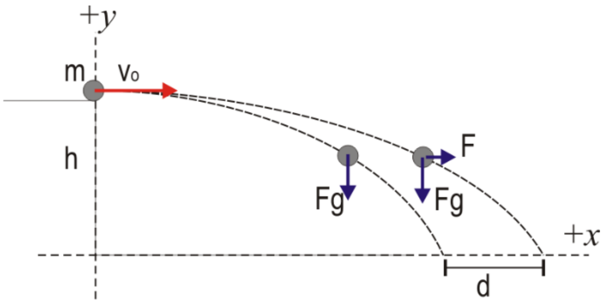
Despejamos T e igualamos: $\frac{|q| \cdot E}{sen\alpha} = \frac{m \cdot g}{cos\alpha} \rightarrow E = \frac{m \cdot g}{|q|} \cdot tg\alpha$

PROBLEMA 1

Se lanza horizontalmente un objeto de 200 g desde un acantilado de 50 m de altura, con una determinada velocidad. Posteriormente se vuelve a lanzar el mismo objeto, también horizontalmente desde el acantilado, con la misma velocidad inicial, pero ahora el viento imprime al objeto una fuerza horizontal de 0,1 N en el mismo sentido que se ha lanzado el objeto. Determine:

a) El tiempo que tarda en llegar el objeto a la base del acantilado en cada uno de los lanzamientos.

b) La distancia que separa los impactos, en la base del acantilado, para los dos lanzamientos.



Consideramos g = cte = 9,8 N/kg

m = 200 g = 0,2 kg h = 50 m

Fg = m·g = 1,96 N $\vec{v}_0 = v_0\,\vec{\imath}$

Despreciamos rozamiento con el aire.

En ambos lanzamientos, la fuerza resultante sobre el objeto es constante, por lo que la aceleración que experimenta también lo es. Son ambos MUA, con trayectoria parabólica.

1º) 2ª ley Newton: $\vec{a} = \frac{\vec{F}_g}{m} = \frac{m\cdot\vec{g}}{m} = \vec{g} = -g\,\vec{\jmath}$

$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0\cdot t + \frac{1}{2}\vec{a}\cdot t^2 \rightarrow \vec{r} = h\,\vec{\jmath} + v_0\cdot t\,\vec{\imath} - \frac{1}{2}g\cdot t^2\vec{\jmath} \rightarrow \begin{cases} y_1 = h - \frac{1}{2}g\cdot t^2 \\ x_1 = v_0\cdot t \end{cases}$

Cuando llega al suelo y = 0 m → $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 3{,}19\ s$

Alcance horizontal $x_1 = v_0\cdot\sqrt{\frac{2h}{g}}$

2º 2ª ley Newton: $\vec{a} = \frac{\vec{F}_g + \vec{F}}{m} = \frac{m\cdot\vec{g} + \vec{F}}{m} = \vec{g} + \frac{\vec{F}}{m} = -g\,\vec{\jmath} + \frac{F}{m}\,\vec{\imath}$

Ahora la aceleración tiene componentes horizontal y vertical

$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0\cdot t + \frac{1}{2}\vec{a}\cdot t^2 \rightarrow \vec{r} = h\,\vec{\jmath} + v_0\cdot t\,\vec{\imath} - \frac{1}{2}g\cdot t^2\vec{\jmath} + \frac{1}{2}\frac{F}{m}\cdot t^2\,\vec{\imath} \rightarrow \begin{cases} y_2 = h - \frac{1}{2}g\cdot t^2 \\ x_2 = v_0\cdot t + \frac{F}{2m}\cdot t^2 \end{cases}$

Cuando llega al suelo y = 0 m → $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 3{,}19\ s$

a) El tiempo de caída es el mismo en ambos casos, ya que la altura y la aceleración vertical son idénticas.

Alcance horizontal $x_2 = v_0\cdot t + \frac{F}{m}\cdot t^2 = v_0\cdot\sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{F}{2m}\cdot\frac{2h}{g} \rightarrow x_2 = x_1 + \frac{F\cdot h}{m\cdot g}$

b) Por lo tanto, la distancia d que separa ambos alcances es $d = x_2 - x_1 = \frac{F\cdot h}{m\cdot g} = 2{,}55\ m$

PROBLEMA 2

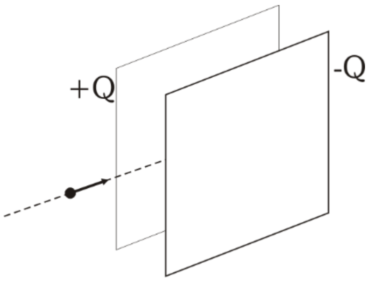
Un electrón se lanza horizontalmente con una velocidad inicial de 1000 km/s por el punto medio entre las placas cuadradas, de 50 cm de lado y verticales, de un condensador plano, y sale por el otro extremo, justamente por el borde de la placa positiva. El campo eléctrico entre las placas es de 3 N/C. Posteriormente, el electrón incide sobre una placa fluorescente vertical y perpendicular al condensador, situada a 50 cm del borde de salida del mismo. Calcule:

1. La diferencia de potencial entre las placas del condensador.

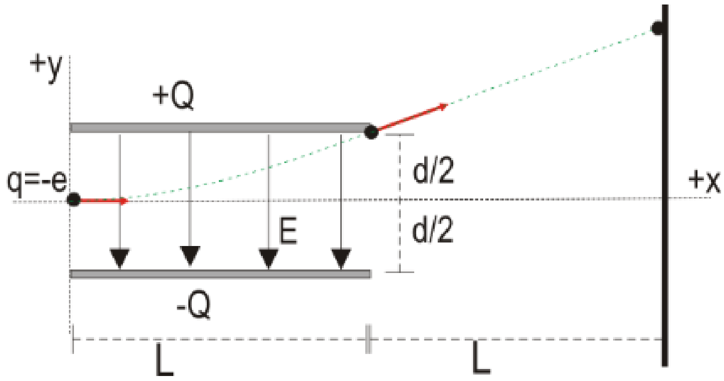
2. El desplazamiento horizontal experimentado por el electrón justamente al impactar sobre la pantalla.

Datos: $m_e = 9{,}1\cdot10^{-31}$ kg , $q_e = -1{,}6 \cdot10^{-19}$ C

Despreciamos la fuerza gravitatoria. $\vec{v}_0 = 10^6\,\vec{\imath}\,m/s$ $\vec{E} = -3\,\vec{\jmath}\,N/C$ (dibujo) L = 0,5 m.



Visto desde arriba



1. En un condensador de láminas planas la diferencia de potencial entre las placas viene dada por $\Delta V = E \cdot d$, siendo d la distancia entre las placas y E el campo eléctrico, que es constante y perpendicular a las placas.

Necesitamos conocer la distancia d.

El movimiento del electrón será uniformemente acelerado (MUA) con trayectoria parabólica:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_e}{m} = \frac{q\cdot\vec{E}}{m} = \frac{-e\cdot\vec{E}}{m} = 5{,}275\cdot10^{11}\,\vec{\jmath}\ m/s^2$$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0\cdot t + \tfrac{1}{2}\vec{a}\cdot t^2 \rightarrow \vec{r} = 0 + 10^6\cdot t\,\vec{\imath} + \tfrac{1}{2}\cdot 5{,}275\cdot10^{11}\cdot t^2\vec{\jmath} \rightarrow \begin{cases} y = 2{,}638\cdot10^{11}\cdot t^2 \\ x = 10^6\cdot t \end{cases} \text{(S.I)}$$

El electrón entra en el condensador por un punto equidistante entre las placas, y sale por el borde superior:

Cuando x = 0,5 m → y = d/2 $\begin{cases} \frac{d}{2} = 2{,}638\cdot10^{11}\cdot t^2 \\ 0{,}5 = 10^6\cdot t \end{cases}$ → $t = 5\cdot10^{-7}$ s → d = 0,132 m

Así, la diferencia de potencial entre las placas del condensador es de $\underline{\Delta V = E\cdot d = 0{,}396\,V}$

2. Cuando sale del condensador, ya no existe el campo eléctrico y el electrón ya no acelera. Continuará a partir de ahí con un movimiento rectilíneo uniforme. Calculamos la velocidad que lleva el electrón en el momento de salir del condensador. Hasta entonces es un MUA.

$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}\cdot t = 10^6\,\vec{\imath} + 5{,}275\cdot10^{11}\cdot t\,\vec{\jmath}$ Para $t = 5\cdot10^{-7}$ s $\vec{v} = 10^6\,\vec{\imath} + 2{,}638\cdot10^5\,\vec{\jmath}\,m/s$

MRU hasta la pantalla (consideramos el mismo sistema de referencia en todo el problema, pero reiniciamos el tiempo en el momento que sale del condensador)

$\vec{r}_0 = 0{,}5\,\vec{\imath} + 0{,}066\,\vec{\jmath}\,m$ $\vec{v} = 10^6\,\vec{\imath} + 2{,}638\cdot10^5\,\vec{\jmath}\,m/s$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}\cdot t = 0{,}5\,\vec{\imath} + 0{,}0{,}066\,\vec{\jmath} + (10^6\,\vec{\imath} + 2{,}638\cdot10^5\,\vec{\jmath})\cdot t \quad (SI) \rightarrow \begin{cases} x = 0{,}5 + 10^6\cdot t \\ y = 0{,}066 + 2{,}638\cdot10^5\cdot t \end{cases} \text{(S.I)}$$

Cuando llega a la pantalla x = 1 m → $1 = 0{,}5 + 10^6\cdot t$ → $t = 5\cdot10^{-7}$ s.

$y = 0{,}066 + 2{,}638\cdot10^5\cdot5\cdot10^{-7} = \underline{0{,}198\ m = y}$ Es el desplazamiento que pide el enunciado