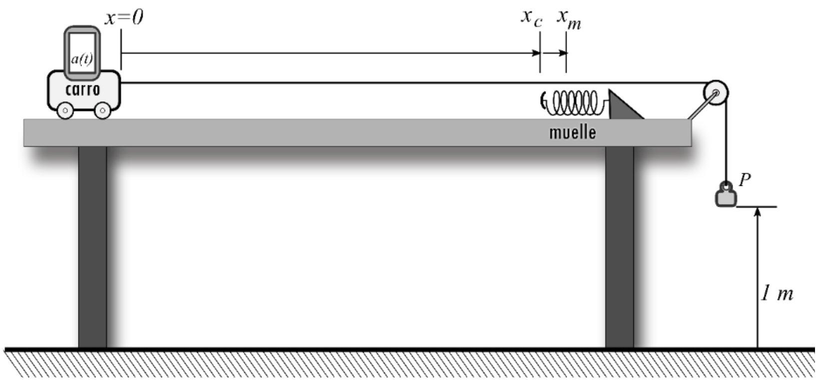
P1 .- Newton y el teléfono móvil.

Cuando Newton (1642-1727) enunció sus leyes de la dinámica, no disponía de equipos de laboratorio que le permitieran medir y comprobar que sus leyes se cumplían. Hoy podemos hacerlo mediante varios métodos como medir la distancia en función del tiempo con sensores electrónicos, analizar las secuencias de un vídeo, usar cronómetros y acelerómetros...

Los acelerómetros son unos dispositivos que miden la aceleración en función del tiempo *a(t)* a la que está sometido un determinado dispositivo y los encontramos en drones, patinetes, teléfonos móviles, etc.

En este problema te proponemos analizar cómo será la aceleración *a(t)* que medirá el teléfono móvil situado sobre el carro de la figura. El carro está sujeto mediante una cuerda que pasa por una polea a una pesa *P* que cuelga a una altura del suelo de 1m. Al final de la mesa hay un muelle *M* que evita que se salga de la mesa. La masas del carro y la pesa *P* son, respectivamente, 0,93 kg y 50g.



No tener en cuenta la masa de la cuerda y la polea ni los rozamientos para los cálculos.

El carro se suelta sin velocidad en $x=0$, en $x_c=3m$ el muelle comienza a frenarlo y en $x_m=3{,}2m$ su velocidad es cero.

En el recorrido de x a x_c:

- **a)** Cuánto vale la aceleración de carro y como varía en el tiempo.
- **b)** El instante t_c en que el muelle comienza a frenar el carro.
- **c)** La máxima velocidad que alcanza el carro.

En el recorrido de x_c a x_m cuando el carro está en contacto con el muelle, su ecuación de movimiento es

$$x' = A\, sen(w\, t') \quad (1)$$

en donde $x' = x - x_c$ y $t' = t - t_c$.

- **d)** Deducir a partir de ella la expresión de la velocidad y la aceleración.
- **e)** Justificar que la ecuación (1) corresponde al movimiento del carro cuando está en contacto con el muelle.
- **f)** Determinar el instante t_m en que la velocidad es cero y la aceleración $a(t_m)$ en dicho instante.
- **g)** Hacer una representación aproximada de cómo será la gráfica que representa la aceleración en función del tiempo *a(t)* desde $t=0$ a $t_m+t'_m$

P2 .- Isótopos de Polonio.

Los isótopos son átomos de un mismo elemento que tienen diferente masa ya que poseen diferente número de neutrones en su núcleo. Esto provoca que la masa de los mismos sea diferente entre diferentes isótopos, aunque se trate de átomos de un mismo elemento. Algunos isótopos de ciertos elementos son estables y otros son inestables. Estos últimos se transforman o *decaen* en elementos diferentes mediante procesos radiactivos. Estudios sobre la radiación les valieron el premio Nobel de física en 1903 a Marie Sklodowska Curie (primera mujer en recibir un premio Nobel) junto con Pierre Curie y Henry Becquerel, descubridor este último de la radiación.

Marie Skłodowska-Curie

Marie Sklodowska Curie descubrió también los elementos Radio y Polonio, ambos con diferentes isótopos radiactivos. Por ello recibió su segundo premio Nobel en 1911, esta vez de Química, siendo la única persona que ha recibido dos premios Nobel en disciplinas diferentes.

El Polonio tiene número atómica (número de protones) Z=84 y sus isótopos más estables poseen números másicos (suma del número de protones y de neutrones) de A=208 uma, 209 uma y 210 uma. Los isótopos ^{208}Po y ^{209}Po se obtienen en un ciclotrón (proceso muy caro), mientras que ^{210}Po se encuentra en la naturaleza (aunque en muy pequeñas cantidades) y también se puede obtener en reactores nucleares o aceleradores de partículas. Estos isótopos son utilizados para controlar la temperatura de los generadores térmicos en satélites.

Carga del electrón (C)	$\approx -1{,}6 \cdot 10^{-19}$
Masa ^{210}Po (uma)	≈ 210
1 uma = $1{,}66 \cdot 10^{-27}$ Kg	

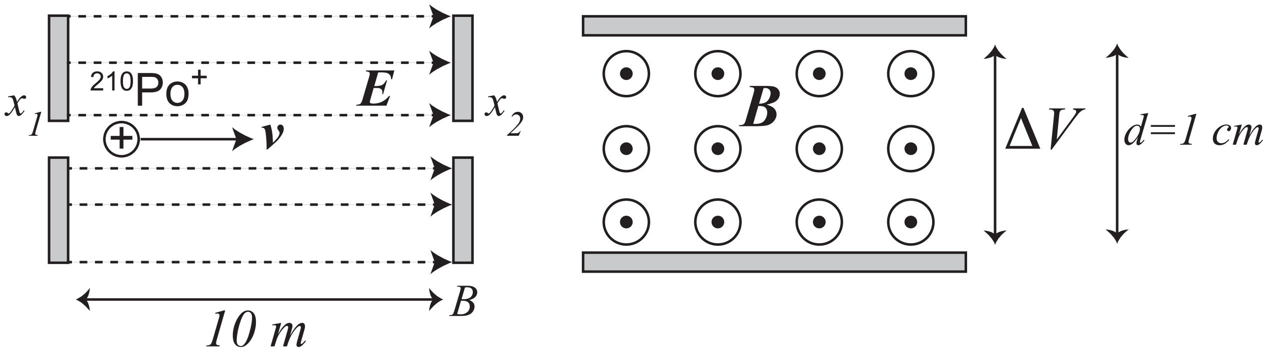


Figura 1

Tenemos un conjunto de isótopos de ^{210}Po ionizados (se les ha arrancado 1 electrón: $^{210}Po^+$) que penetra por x_1 en una región donde se acelera por medio de un campo eléctrico $E=480\ N/C$ y donde recorre una distancia de *10 m* (ver Figura 1).

a) Suponiendo que inicialmente los isótopos estaban en reposo al entrar (punto x_1) en la región donde hay campo eléctrico, obtener la velocidad alcanzada al salir por x_2 de la zona de campo eléctrico aplicado.

Tras abandonar la región donde son acelerados por el punto x_2, los isótopos atraviesan una región del espacio delimitada por dos placas metálicas sometidas a una diferencia de potencial ΔV separadas una distancia $d = 1\ cm$. En esta región existe también un campo magnético de valor $B=0,06\ T$ paralelo a la superficie de las mismas y perpendicular a la trayectoria de los isótopos.

b) ¿Qué valor debe tener la diferencia de potencial ΔV entre las placas metálicas para que no cambie la trayectoria de los isótopos? Indica el signo de la carga en cada placa.

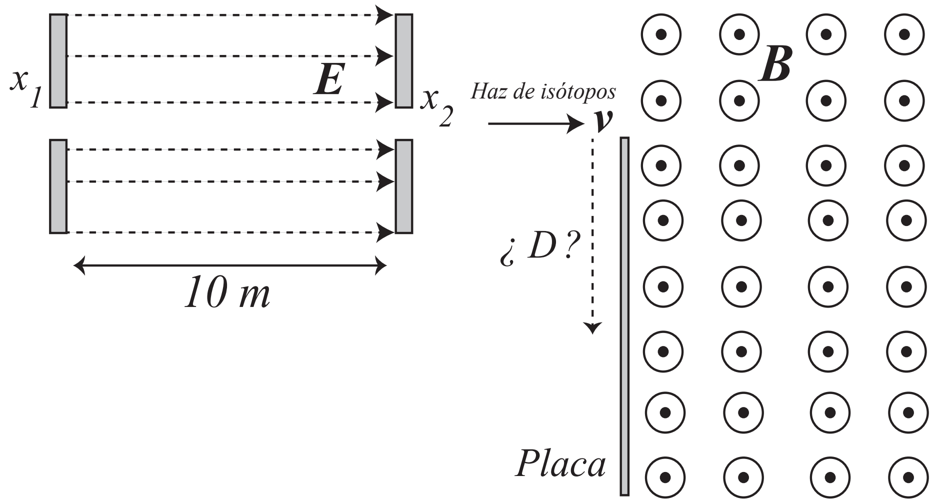


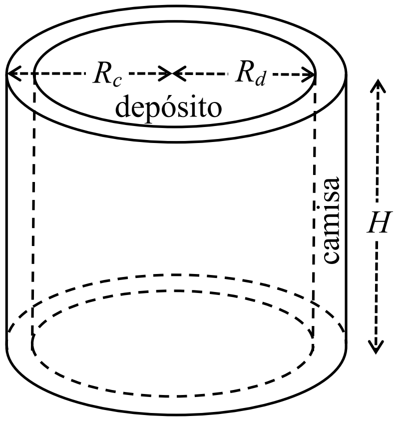
Figura 2

Supongamos ahora que realizamos un experimento similar al anterior, utilizando de nuevo un haz de isótopos $^{210}Po^+$ pero eliminando la diferencia de potencial ΔV entre las placas. De este modo, el haz penetra por x_1, es acelerado por el campo eléctrico $E=480\ N/C$ durante los 10 m antes de abandonar la región por x_2, y posteriormente penetra en la región de campo magnético $B=0,06\ T$. En el extremo donde comienza a estar presente el campo magnético (ver Figura 2) hay una placa colocada perpendicular al haz de isótopos.

c) Calcular a qué distancia D del extremo superior de la placa impactará el haz de isótopos.

P3 .- Refrigeración de un depósito de fermentación.

En la producción de vino, durante el proceso de fermentación del mosto de la uva, es importante controlar la temperatura del mosto contenido en el depósito de fermentación. Para que el proceso de fermentación no se detenga, es necesario que la temperatura del mosto no supere los 32ºC. Para ello, se puede refrigerar el depósito mediante lo que se denomina una camisa de refrigeración que rodea la pared lateral del depósito. Dentro de esta camisa se inyecta agua fría para refrigerar el mosto contenido en el depósito de fermentación.



Supongamos que tenemos un depósito de fermentación cilíndrico con una altura H = 2 m, y radio R_d = 1.5 m, que se encuentra lleno de mosto. El depósito está rodeado por una camisa de refrigeración de radio exterior R_c = 1.7 m, como indica la figura.

a) Calcular la masa del mosto que hay dentro del depósito, y la masa de agua que cabe en la camisa de refrigeración. Densidad del mosto ρ_m = 1200 kg/m^3. Densidad del agua ρ_a = 1000 kg/m^3.

Supongamos que el agua fría se inyecta en la camisa de refrigeración con una velocidad v = 2 m/s a través de un orificio con una sección $A = 6\cdot 10^{-3}$ m^2.

b) Calcular el tiempo τ_1 que tardará en llenarse por completo la camisa de refrigeración.

La temperatura del mosto dentro del depósito es T_m = 32ºC = 305 K. Para disminuir esta temperatura, se llena la camisa de refrigeración con agua a temperatura T_a = 10 ºC = 283 K.

c) Suponiendo que solamente intercambian energía el mosto y el agua, y que no se pierde nada de energía al exterior, calcular la temperatura final T_f que alcanza el conjunto mosto-agua en el equilibrio térmico final.

Datos: Calor específico del mosto c_m = 4600 J/(kg K). Calor específico del agua c_a = 4180 J/(kg K).

d) Calcular la energía que ha ganado el agua durante este proceso de refrigeración.

e) Suponiendo que la transferencia de energía ocurre solamente a través de la superficie lateral del depósito, y que el ritmo medio superficial de transferencia de energía entre el agua y el mosto es de $\beta = 18\cdot 10^3$ J/(m^2 s), calcular el tiempo τ_2 que dura este proceso de refrigeración.

f) Si se quisiera conseguir que la temperatura final T_f del conjunto mosto-agua en el equilibrio térmico final fuera de 25ºC, calcular el radio exterior R_c que debería tener la camisa de refrigeración.

P4.- Prueba experimental. Determinación del módulo de elasticidad

Cuando una barra o viga de prácticamente cualquier material que está apoyada por sus extremos es sometida a una carga F experimenta una deformación S (ver Figura 1). Además, en la región elástica la deformación S es proporcional a la carga F de manera que

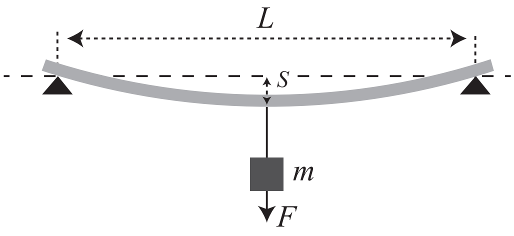


Figura 1

$$S = k\,F, \qquad (1)$$

siendo k la constante de proporcionalidad. Para una barra de anchura a y espesor b, donde la carga F se ejerce en el punto medio entre los apoyos, el valor de k viene dado por:

$$k = \frac{1}{4}\left(\frac{L}{b}\right)^3 \frac{1}{a}\frac{1}{Y} \qquad (2)$$

donde L es la distancia entre los puntos de apoyo. Y es una constante propia del material, llamada *módulo de elasticidad* o de *Young*, cuyo valor determina su comportamiento elástico, no sólo en condiciones de flexión, si no también de tracción, compresión, torsión, etc. Por este motivo, es importante conocer su valor para los distintos materiales.

En el montaje experimental de la Figura 2 se dispone de una barra de acero de anchura $a=1\ cm$ y espesor $b=2\ mm$. La distancia entre los puntos de apoyo es $L=40\ cm$. En el portapesas se colocan masas m de diverso valor y mediante un catetómetro[1] se mide, para cada valor de la masa m, la correspondiente deformación S que sufre la barra de acero. En nuestro caso, la fuerza aplicada F es igual al peso, $F= mg$.

Figura 2

En la siguiente tabla se recoge la serie de valores de S obtenidos con diversas masas:

m (*g*)	100	200	400	600	800
S (*mm*)	0,55	1,25	3,2	5,05	6,75

[1]El catetómetro es un instrumento destinado a medir con precisión longitudes; en el caso del experimento que nos ocupa (ver Figura 3), consiste en un pesado trípode con tornillos de nivelación que soporta verticalmente una barra de acero de 80 cm de largo. Horizontalmente lleva montada una mira telescópica sobre un manguito; gracias a este dispositivo, la mira puede deslizar hacia arriba o abajo lo que permite medir diferencia de alturas.

a) Teniendo en cuenta las ecuaciones (1) y (2), determina en el Sistema Internacional (*S.I.*) las unidades del módulo de Young Y.

b) Representa gráficamente en el papel milimetrado los puntos experimentales $(x, y) = (m, S)$. Ten en cuenta que puede ser conveniente (aunque no necesario) que uses unidades del *S.I.*

c) Ajusta una línea recta a los puntos de la gráfica anterior.

d) A partir de ese ajuste, determina el valor del módulo de Young Y.