

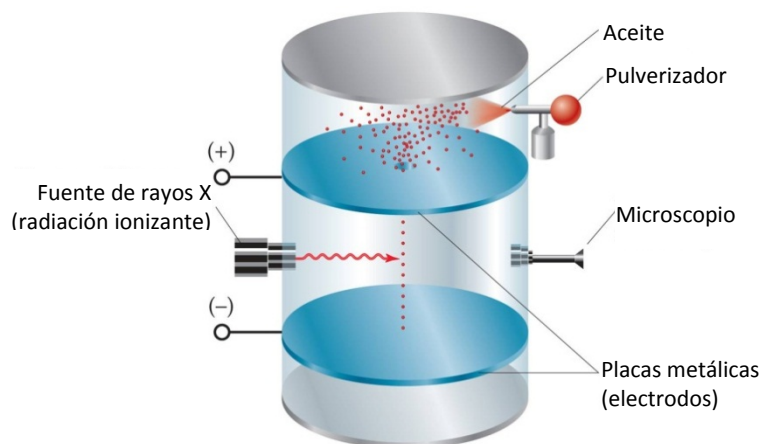
Nombre y apellidos:

Centro:

Curso:

**Problema 1 (4 puntos)**

A principios de siglo XX, Robert Millikan desarrolló un método para determinar la carga eléctrica de gotas de aceite. El montaje experimental que utilizó está representado en la figura. Usando un pulverizador esparcía minúsculas gotas de aceite en una cámara, algunas de las cuales pasaban a una cámara inferior a través de un pequeño orificio. Al pasar por el chorro del pulverizador, la mayor parte de las gotitas se cargaban eléctricamente por fricción. En otras palabras, cada gotita había ganado o perdido algunos electrones. Aquellas que no habían logrado cargarse por fricción podían ser cargadas con la ayuda de un haz de rayos X proyectado sobre ellas. Por otro lado, en la cámara inferior existía un intenso campo eléctrico vertical creado aplicando una diferencia de potencial entre las placas superior (electrodo positivo) e inferior (electrodo negativo). Mediante un microscopio, Millikan analizó el movimiento de las gotitas dentro de la cámara, lo que le permitió demostrar la existencia de la unidad fundamental de carga y establecer su cuantización. Este experimento está considerado como uno de los más importantes del siglo XX.



Para estudiar el movimiento de las gotitas de aceite debemos tener en cuenta, además del peso y la fuerza debida al campo eléctrico, la fricción con el aire. Las fuerzas de fricción se oponen siempre al movimiento y su módulo aumenta con la velocidad. De esta forma, al cabo de un tiempo muy corto se establece una situación de equilibrio dinámico y las gotas se mueven con una velocidad constante denominada velocidad terminal. En este caso, la fuerza de fricción viene dada por la ley de Stokes,

$$F_v = -6 \pi R \eta v ,$$

donde  $R$  es el radio de las gotas,  $v$  es su velocidad terminal y  $\eta$  es el coeficiente de viscosidad del aire.

Nombre y apellidos:

Centro:

Curso:

- 
1. Las gotas de aceite tienen un diámetro  $D = 4 \mu\text{m}$  ( $4 \times 10^{-6} \text{ m}$ ) y, en un primer momento, consideraremos su movimiento sin campo eléctrico. En este caso, se observa que caen con una velocidad constante  $v_g = 0,46 \text{ mm/s}$ .
    - a. Haz un diagrama de las fuerzas que actúan sobre las gotas en su caída.
    - b. ¿En qué unidades se mide el coeficiente de viscosidad  $\eta$ ?
    - c. Calcula dicho coeficiente de viscosidad del aire, teniendo que su densidad es  $\rho_{\text{aceite}} = 920 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .
  2. A continuación se aplica un potencial entre las dos placas creando un campo eléctrico uniforme vertical y dirigido hacia abajo de módulo  $E = 808 \text{ kV/m}$ . En este caso se observa que las gotas se mueven hacia arriba con una velocidad constante  $v_e = 0,13 \text{ mm/s}$ 
    - a. ¿De qué signo es la carga de las gotas de aceite?
    - b. Calcula dicha carga.
  3. Las dos placas metálicas están conectadas a una fuente de potencial variable y, por tanto, el módulo del campo eléctrico puede variarse a voluntad.
    - a. ¿Qué campo eléctrico debe existir para que las gotas de aceite queden suspendidas sin moverse?
    - b. Si la distancia entre las placas del condensador es  $5 \text{ mm}$ , ¿qué diferencia de potencial hay que aplicar para crear dicho campo?

Nombre y apellidos:

Centro:

Curso:

---

**Problema 2 (2 puntos)**

Una pulga puede dar grandes saltos gracias a la descompresión de una proteína elástica, que actúa como un muelle. Así, una pulga de masa  $2,15 \times 10^{-7}$  kg salta verticalmente hasta una altura de 70 mm. El 75% de la energía necesaria para el salto proviene de la energía elástica almacenada en la proteína.

- (a) ¿Cuál es el valor inicial de la energía potencial elástica almacenada en la proteína?
- (b) En el segundo salto la pulga vuelve a alcanzar una altura máxima de 70 mm, pero en esta ocasión su velocidad inicial forma un ángulo de  $60^\circ$  con la horizontal. ¿Cuál es su velocidad inicial?
- (c) Con objeto de estudiar la fisiología de los insectos en ingravidez, se quiere mandar varias pulgas en la próxima nave que se pose en la Luna. ¿Qué altura máxima pueden alcanzar estos animales en un salto en la superficie lunar? Datos: el radio de la Luna es la cuarta parte del radio terrestre y la masa de la Tierra es 81 veces la masa de la Luna.

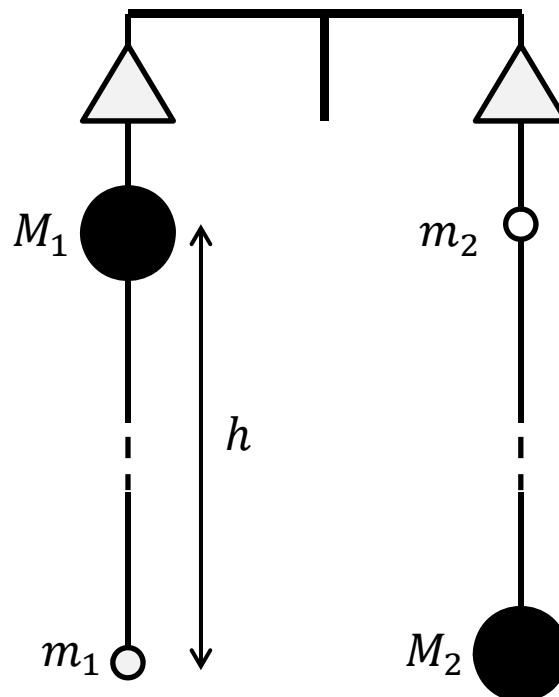
Nombre y apellidos:

Centro:

Curso:

**Problema 3 (2 puntos)**

Hacia 1881, el físico alemán Philipp Von Jolly realizó una serie de experimentos relacionados con la ley de gravitación de Newton. En uno de tales experimentos intentó comprobar la dependencia con  $1/r^2$  de dicha ley. Para ello, colgó de los platos de una balanza cuatro esferas tal como se muestra en la figura. Con esa posición, la balanza se encontraba en equilibrio. Al intercambiar las posiciones de las esferas, las de abajo arriba y viceversa, Von Jolly debió añadir una masa  $\mu$  en el plato de la derecha con objeto de restablecer el equilibrio. En su experiencia, las esferas grandes tenían una masa  $M_1 \cong M_2 = 5 \text{ kg}$ , mientras que las masas  $m_1, m_2$  de las pequeñas eran mucho menores que las de las grandes ( $m_1, m_2 \ll M_1, M_2$ ), la distancia vertical entre esferas era de  $h = 21 \text{ m}$  y  $\mu = 65 \text{ mg}$ . Mediante el cálculo adecuado, indíquese si Von Jolly tuvo éxito en su comprobación.

Dato: Radio de la Tierra  $R_T = 6370 \text{ km}$ .

Nombre y apellidos:

Centro:

Curso:

**Problema 4 (2 puntos)**

Se colocan cinco cargas puntuales de igual magnitud  $q$  y signo alterno sobre una línea recta, separadas entre sí una distancia  $d$ . Obtén la expresión del campo eléctrico que originan dichas cargas en un punto P genérico ubicado a una distancia  $r$  sobre la línea perpendicular a la línea de cargas opuesta a la carga central, como indica la figura. ¿En qué se convierte la expresión obtenida cuando la distancia  $r$  es muy grande en comparación con la separación entre las cargas  $d$ ? Interpreta el resultado.

