

XI Olimpiada Iberoamericana de Física

Coimbra, Brasil. Septiembre 23-30 de 2006-11-03

EXPERIENCIA 1: Pesavinos

(10 puntos)

OBJETIVO

El objetivo de esta experiencia es la determinación de la densidad de un líquido por dos métodos diferentes, uno estático y otro dinámico.

INTRODUCCIÓN

Es bien conocida la leyenda sobre Arquímedes que, habiéndole solicitado el Rey Herón de Siracusa que se pronunciase sobre si una determinada corona estaba hecha o no de oro macizo, consiguió descubrirlo sin destruir la corona. Las reflexiones de Arquímedes sobre este tema le llevaron a descubrir la denominada ley del empuje. Es conocida la leyenda de Arquímedes corriendo por las calles de Siracusa gritando “Eureka! ... Eureka!” (“¡Lo encontré! ... ¡Lo encontré!”).

Portugal es un país productor de magníficos vinos. Para determinar el grado alcohólico del mosto es habitual utilizar un aparato (*pesavinos*) cuyo uso se basa en la ley de Arquímedes.

MATERIAL

- Recipiente grande con un líquido de densidad desconocida
- Tubo de ensayo grande
- Bolitas de plomo
- Calibre o pie de rey (nonius)
- Cronómetro
- Papel milimetrado
- Tijeras
- Balanza (a compartir)

DATOS

Aceleración de la gravedad: $g = (9,81 \pm 0,01) \text{ m/s}^2$

Masa de cada bolita de plomo: $m_{\text{Pb}} = (0,88 \pm 0,01) \text{ g}$

PRECAUCIONES:

- 1 - Cuando introduzca las bolitas de plomo en el tubo de ensayo no las deje caer en vertical, pues el tubo podría romperse.
- 2 - El plomo es tóxico por ingestión.
- 3 - ¡Evite que el líquido se introduzca dentro del tubo de ensayo!
- 4 - El acceso a la balanza debe hacerse de forma ordenada sin hablar con los otros participantes y sin causar ningún tipo de perturbación.

MEDIDAS Y ANÁLISIS

A) MÉTODO ESTÁTICO:

1 - Pese el tubo de ensayo vacío. Coloque en su interior bolitas de plomo en número suficiente como para que flote verticalmente. Anote el número de bolitas de plomo introducidas.

2 - Vaya añadiendo bolitas de plomo y mida la profundidad (h) que se sumerge el tubo en función del número de bolitas añadidas (n).

3 - Construya un gráfico, en papel milimetrado, que muestre la dependencia de la profundidad con la masa añadida.

4 - A partir de sus datos experimentales obtenga el valor de la densidad del líquido y estime el error experimental de ese valor.

B) MÉTODO DINÁMICO:

Considere que el tubo cilíndrico, con una masa considerable de plomo en el fondo, flota verticalmente con una parte del mismo fuera del líquido. Puede suponer, en lo que sigue, que el tubo es cilíndrico.

5 - Demuestre que al apartar verticalmente el tubo de su posición de equilibrio y soltarlo

posteriormente, el movimiento observado es armónico simple y que su período viene dado por la expresión:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M_{\text{total}}}{A\rho_L g}}$$

donde M_{total} es la masa total tubo+plomos, A es el área de su sección al nivel del líquido, ρ_L es la densidad del líquido y g es la aceleración de la gravedad (debe despreciar las fuerzas de rozamiento).

6 - Mida el período de las oscilaciones verticales del sistema tubo+plomo, de masa total M_{total} , masa que usted puede elegir. Indique la masa total que ha elegido, M_{total} , y el período obtenido, T , con sus errores correspondientes.

7 - A partir de los datos que haya obtenido determine la densidad del líquido y compárela con el valor de la densidad que previamente ha obtenido por el método estático. Indique una o más razones físicas que pudieran explicar eventuales diferencias entre los valores de la densidad obtenidos por los dos métodos.

EXPERIENCIA 2: Diodos Emisores de Luz (LED) y la constante de Planck (10 puntos)

OBJETIVO

Los objetivos de esta experiencia son:

- Determinar la longitud de onda de la luz emitida por un LED;
- Determinar la constante de Planck

INTRODUCCIÓN

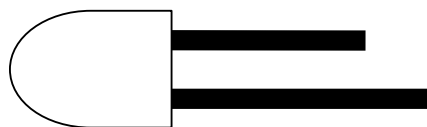
Los diodos emisores de luz o LED (*Light Emitting Diode*) emiten luz cuando son atravesados por una corriente eléctrica. Esta emisión de luz se produce cuando electrones saltan entre diferentes estados de energía en la unión entre las dos bandas (n y p) del material semiconductor de que está construido el diodo. La diferencia de energía entre estos estados es una propiedad del material semiconductor. En un diodo, la intensidad de corriente que circula sólo es significativa cuando el diodo está polarizado en sentido directo (corriente eléctrica convencional de la banda p , a potencial mayor, hacia la n a potencial menor) y, en estas condiciones, tiene lugar la emisión de luz. En la polarización directa se aplica una diferencia de potencial (tensión) V y, para que un electrón atraviese la banda prohibida, es necesario realizar un cierto trabajo W . Este trabajo se convierte, en su mayor parte, en energía de los fotones emitidos. Sin embargo, hay pequeñas pérdidas de energía, debidas al efecto Joule y a procesos que tienen lugar en la unión, y que tiene un valor prácticamente constante para un LED de un mismo tipo cuando **son atravesados por una misma intensidad de corriente eléctrica**. En estas condiciones,

$$W = E_f + k ,$$

donde E_f es la energía del fotón emitido y k una constante que representa otras pérdidas de energía.

La luz emitida por un LED es prácticamente monocromática. Se pueden fabricar LED que emiten luz de diferentes colores, variando la composición química del material semiconductor. Los LED más comunes están contruidos con aleaciones de galio, arsénico y aluminio. Variando la proporción de galio y aluminio es posible fabricar LED que emitan en un color u otro dentro de la gama del visible y del infrarrojo.

Los LED comerciales son suministrados con el material semiconductor encapsulado (plástico) y con dos terminales, siendo el más largo el positivo (lado p).



Para determinar la longitud de onda, λ , de la luz emitida por un LED se puede utilizar una red de difracción. Los ángulos θ_n para los cuales tienen lugar los máximos de

intensidad difractada por una red con espaciamiento entre líneas d , vienen dados por la ecuación:

$$d \sin \theta_n = n\lambda \quad n: \text{un número entero}$$

MATERIAL

- Regla graduada
- Hojas de papel blanco
- Conjunto de LED del mismo tipo montados sobre un soporte
- Pila de 9 V
- Cables y pinzas (cocodrilos) para conexiones
- Potenciómetro (470 Ω)
- Resistencia (220 Ω)
- Resistencia (11,4 k Ω)
- Dos multímetros
- Red de difracción (1000 líneas/mm) montada en un soporte
- Papel milimetrado

DATOS:

Carga elemental: $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$

Velocidad de la luz en el vacío: $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Constante de Boltzmann: $k_B = 1,381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

PRECAUCIONES:

- 1- La corriente eléctrica que atraviesa el LED no deberá exceder nunca los 50 mA, pues éste podría estropearse. Para asegurar la protección del LED, la resistencia de 220 Ω **debe estar siempre conectada en serie con el LED.**
- 2- Ponga atención a las escalas para una utilización correcta de los multímetros como amperímetros o como voltímetros. Un uso inadecuado del multímetro podría fundir su fusible interno, poniendo en dificultades la realización de su prueba.

INFORMACIÓN

1 - El potenciómetro dispone de 3 terminales y permite variar la diferencia de potencial (tensión) entre el terminal central y una de las extremidades, desde 0 hasta el valor máximo proporcionado por la pila.

2 - Se proporcionan LED con las siguientes características:

Tabla 1:

LED	λ / nm
Azul	470
Verde	??
Rojo	630
Infrarrojo	950

MEDIDAS Y ANÁLISIS

A) COMPORTAMIENTO ELÉCTRICO DE LOS LED:

Se pretende determinar la curva característica del LED rojo, es decir, la relación entre la intensidad de corriente, I , que lo atraviesa y la diferencia de potencial (tensión), V , aplicada a sus terminales.

1 - Monte un circuito que permita alimentar el LED rojo con una tensión variable en polarización directa. Presente un esquema del circuito eléctrico que haya montado, incluyendo los aparatos de medida.

2 - Respetando los límites de seguridad, obtenga la curva característica para el LED rojo.

3 - La expresión *teórica* que relaciona la intensidad de corriente con la diferencia de potencial es:

$$I = I_0 \left(e^{\frac{eV}{\eta k_B T}} - 1 \right) \approx I_0 e^{\frac{eV}{\eta k_B T}}$$

en la que I_0 y η son constantes características de cada LED, e es la carga elemental, k_B es la constante de Boltzmann y T es la temperatura ambiente (considere $T = 293$ K). La expresión aproximada anterior es válida solo para $V > 50$ mV. Por otro lado, para diferencias de potencial por encima de un cierto valor, el comportamiento del LED se desvía de la expresión teórica debido a su resistencia interna. Determine el valor de las constantes η e I_0 para el LED rojo.

4 - Conecte los LED en serie entre sí y también en serie con la resistencia de $11,4 \text{ k}\Omega$ y aplique al circuito una diferencia de potencial de 9 V (puede usar los cocodrilos para hacer las conexiones entre los LED). Indique la intensidad de corriente que atraviesa el circuito y registre en una tabla el valor de la tensión, V , en los terminales de cada LED.

B) DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE ONDA DEL LED VERDE:

5 - Para determinar la longitud de onda del LED **verde** coloque el soporte con la red de difracción delante del LED y compruebe visualmente que se presentan máximos de intensidad a uno y otro lado de la dirección frontal. Utilice las hojas blancas para

proyectar el espectro de difracción. Determine la longitud de onda de la luz emitida por el LED verde. Describa el procedimiento que ha empleado, anote las medidas, indique los cálculos y el resultado obtenido con el error correspondiente.

C) DETERMINACIÓN DE LA CONSTANTE DE PLANCK, h :

6 - Utilizando los datos de la tabla 1 y los resultados obtenidos en las partes A y B, construya en el papel milimetrado la gráfica apropiada para calcular la constante de Planck, h .

7 - Determine, a partir de esta gráfica, el valor de la constante de Planck. (El valor de esta constante, obtenida por métodos muy precisos, es $h = 6,626 \times 10^{-34}$ J s.)