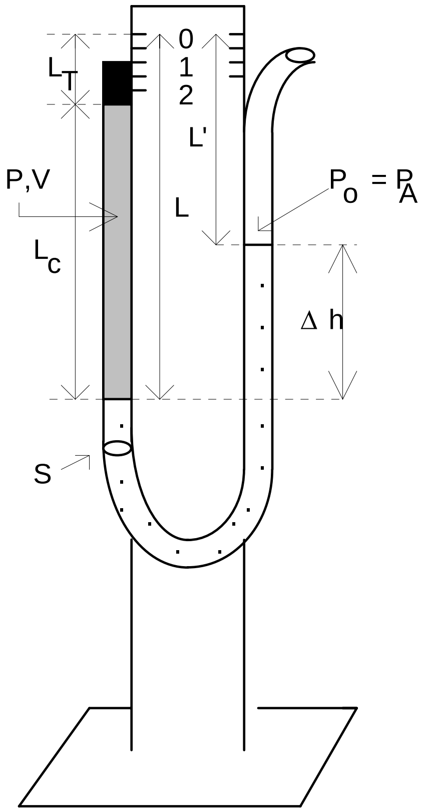
LEY DE BOYLE-MARIOTTE. PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

OBJETIVO:

Comprobar la validez de la ley de Boyle-Mariotte utilizando un tubo en U con agua (ver Figura), abierto por un extremo y cerrado por otro, que contiene una cámara de aire. A partir de ello calcular la presión atmosférica.

FUNDAMENTO TEÓRICO:



Supongamos una cierta cantidad (fija) de gas cuya temperatura permanezca constante (el aire encerrado en la cámara del tubo en U) y cuya presión P y volumen V podamos modificar externamente (alzando o bajando la rama abierta del tubo). De acuerdo con la ley de Boyle-Mariotte, en todas las situaciones el producto de presión y volumen será constante:

$$P \cdot V = cte \tag{1}$$

En nuestro sistema experimental (un tubo cilíndrico de sección constante S), el volumen de la cámara de aire será siempre proporcional a la longitud Lc del tramo de tubo que ocupe (V = S . Lc). Por otra parte, la presión manométrica ***p*** (diferencia entre la presión existente P y la presión atmosférica Po) será proporcional a la diferencia de alturas Δh entre el nivel de agua en la rama abierta y en la rama cerrada del tubo:

$$\boldsymbol{p} = P - Po = \rho \cdot g \cdot \Delta h \tag{2}$$

ρ : densidad del agua
g : aceleración de la gravedad

De acuerdo con lo anterior, V y ***p*** cambiarán en la misma proporción en que lo hagan Lc y Δh. Utilizaremos estas dos longitudes (mucho más fáciles de medir) para verificar la ley (1).

Sea Po la presión atmosférica y Vo el volumen de la cámara de aire (longitud Lo) cuando no hay diferencia de alturas en los niveles de agua a ambos lados del tubo en U ($\Delta h = 0$). Para cualquier otro volumen V y presión manométrica ***p***, de acuerdo con (1) se cumplirá que:

$$(\boldsymbol{p} + Po) \cdot V = Po \cdot Vo \qquad \boldsymbol{p} = Po\,(Vo/V) - Po$$

por tanto, según (2)

$$\rho \cdot g \cdot \Delta h = Po\,(Lo/Lc) - Po \qquad (3)$$

o, equivalentemente: $\Delta h = (a / Lc) - b$

con

$$a = Po\,Lo / \rho\, g \quad , \quad b = Po / \rho\, g \qquad (4)$$

ESTUDIO EXPERIMENTAL

Queremos comprobar la validez de la ley (3). Mediremos con ese fin la longitud Lc de la cámara de aire (proporcional a su volumen) y la diferencia de alturas Δh entre los niveles de agua en ambas ramas (proporcional a ***p***) para varias presiones P.
Seguidamente, un ordenador ajustará los datos obtenidos a una curva de la forma indicada en (3), deduciendo, por el método de mínimos cuadrados, los valores de a y b que hacen óptimo el ajuste, comprobándose si corresponden a lo previsible teóricamente (4).

1) Mida, en la escala del tubo, la posición, L_T, del extremo superior de la cámara de aire (borde inferior del tapón); anote el valor obtenido en el cuadro adjunto:

L_T = cm

La longitud de la cámara de aire, en cada situación, se obtendrá restando esta cantidad, L_T, a la longitud, L, que corresponda, en la escala, al extremo inferior .

Mida la posición, L_{AT}, del extremo inferior de la cámara de aire cuando su presión es la atmosférica. Esta situación se dará situando el nivel del agua en la rama abierta esté a la misma altura que en la cámara cerrada ($\Delta h = 0$). Anote en el cuadro adjunto el resultado obtenido

L_{AT} = cm

la longitud de la cámara de aire en esta situación (presión atmosférica) Lo será:

$Lo = L_{AT} - L_T =$ cm

(5)

A continuación se medirá la longitud Lc de la cámara y la diferencia de alturas Δh para seis presiones P, tres de ellas superiores a la atmosférica y tres inferiores. Se obtendrá una presión superior/inferior a la atmosférica subiendo/bajando el nivel del agua en la rama abierta respecto a su altura en la rama cerrada. En cada situación, (ver Figura) mida las posiciones L y L' del nivel del agua en la cámara de aire y en la rama abierta; la longitud Lc y la diferencia de alturas Δh vendrán dadas por:

$L_c = L - L_T$, $\Delta h = L - L'$

Anote en la tabla adjunta los resultados obtenidos:

L (cm)	L' (cm)	$L_c = L - L_T$	$\Delta h = L - L'$

Indique el margen de error que atribuye a dichas longitudes:

εa (L) = cm	εa (L') = cm	εa (Lc) = cm	εa (Δh) = cm

2) Introduzca en el ordenador los datos obtenidos. En la pantalla aparecerán los valores de las constantes a, b, deducidas mediante el ajuste de mínimos cuadrados, y los de la longitud Lo y presión atmosférica Po calculadas a partir de a y b mediante las relaciones (Ver (4)):

$L_o = a / b$, $P_o = \rho g b$

Anote en el cuadro adjunto los valores proporcionados por el ordenador junto al margen de error que les sea atribuido así como las unidades de cada magnitud:

a = $\pm$ b = $\pm$ (6)

Lo = $\pm$ Po = $\pm$ (7)

El ordenador proporciona igualmente una gráfica de la curva Δh (Lc), calculada a partir de los valores deducidos de a y b anotados en (6) y los resultados experimentales.

Realícese esta representación en papel milimetrado utilizando los valores de a y b anotados en (6) y los datos sobre Δh y Lc contenidos en la tabla.

3) Realícese una breve valoración de los resultados de la práctica.