

Dos experimentos sobre leyes de los gases

Walter Bussenius Cortada*

Instituto de Matemática y Física
Universidad de Talca

En este artículo se exponen dos experimentos en relación a las leyes de los gases. La novedad que presentan es que son experimentos con material de bajo costo y la comparación de resultados muestra que las leyes efectivamente se cumplen y además ambas experiencias permiten comparar numéricamente un resultado obtenido con uno esperado, encontrándose diferencias menores de un 10% entre ellos.

Es importante destacar que en ambos experimentos se compara a través de la extrapolación gráfica, cosa que pocas veces nuestros alumnos tienen ocasión de practicar. A objeto de no recargar de detalles no se propagó incertezas, sólo se estimó la asociada a los parámetros de la recta que se determinaron por el método de mínimos cuadrados.

Experimento N° 1: Ley de Boyle.

Resumen

Empleando un medidor de presión arterial (de aguja) y una jeringa de 60 cm³, se determina la relación entre el volumen y las variaciones de presión que se presentan. Al graficar las variaciones de presión en función del recíproco del volumen, se obtiene una recta, en la cual al extrapolar, nos permite estimar el valor de la presión atmosférica.

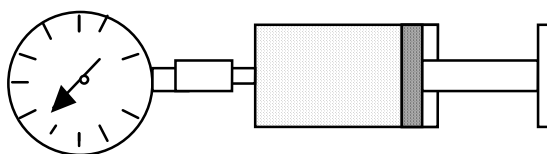
Teoría

Supongamos que el aire se comporta como un gas ideal, al llenar una jeringa con aire y conectarla a un medidor de presión (manómetro), que en esas condiciones marque cero, e ir lentamente disminuyendo el volumen del gas, se observará un paulatino incremento de la presión que ejerce el mismo.

Suponiendo válida la ecuación de estado de un gas ideal ($p V = n R T$) en que p es la presión, V el volumen, T la temperatura, n el número de moles y R una constante universal, llamada constante de los gases y cuyo valor es 0,082 (atm. lt./mol °K) \approx 8,31 (J/mol °K).

* e-mail: wbussen@utalca.cl

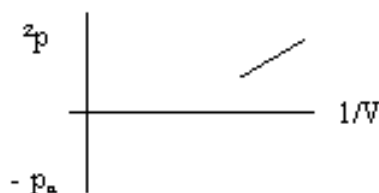
Con un montaje como el de la figura, se dispone de tal forma que para $V = V_0$ ($\approx 60 \text{ cm}^3$) y se anotan los valores de presión y volumen, luego se disminuye el volumen hasta un valor menor y medible, se vuelven a tabular ambas variables, se sigue así hasta que el manómetro completa su escala sin sobrepasarla.



Puesto que en nuestro caso no se mide la presión sino que las variaciones de ésta, al reescribir la ecuación general de los gases ideales de la forma:

$$p_{at} + \Delta p = n R T 1/V$$

en donde p_{at} corresponde a la presión atmosférica, resulta evidente que al graficar Δp v/s $1/V$ la curva obtenida deberá ser una recta (ver figura), cuya pendiente es nRT y cuyo intercepto debería corresponder al valor de la presión atmosférica.



Naturalmente resulta muy fácil contrastar esta expresión. Por un lado se obtiene una recta y por otro se extrapola el valor de la presión atmosférica que es fácil de comparar.

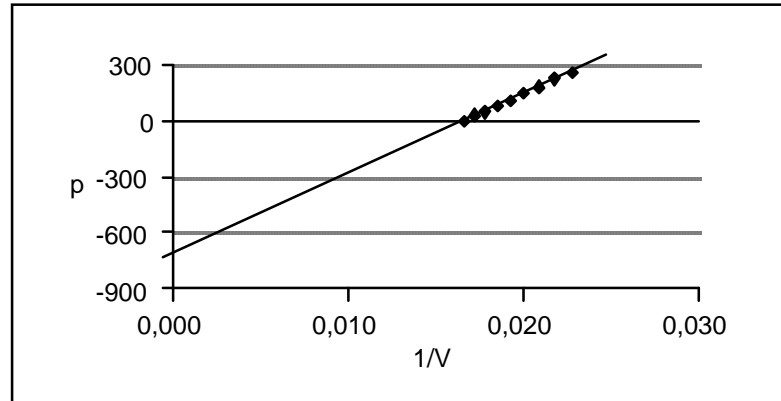
Materiales

- 1 Jeringa de 60 cm^3
- 1 Manómetro
- 1 Trozo de manguera para unirlos

Procedimiento y mediciones

Antes de instalar el manómetro se tira el émbolo hasta el máximo volumen de la jeringa (60 cm^3), luego se conecta aquella al manómetro a través de una corta manguera, como muestra la figura. A continuación se empuja el émbolo disminuyendo el volumen (de dos en dos cm^3 por las divisiones de la jeringa utilizada) y se tabulan los datos de volumen y presión. Se agrega una columna con los valores recíprocos del volumen a objeto de confeccionar un gráfico que permita contrastar resultados.

V (cm ³)	² p mmHg	1/V 1/cm ³
60	0	0,017
58	31	0,017
56	51	0,018
54	82	0,019
52	112	0,019
50	150	0,020
48	186	0,021
46	222	0,022
44	260	0,023



Análisis de resultados:

Lo primero a comentar es que efectivamente se cumple la ley, ya que la curva graficada es una recta, el coeficiente de correlación entre las variables es 0,9994.

La función de la recta obtenida es:

$$p = (43.100 \pm 600) 1/V - (720 \pm 10)$$

y dado que el intercepto corresponde a la presión atmosférica, el valor obtenido es 720±10 mm de Hg, valor algo inferior al esperado (760 mm de Hg), sin embargo, dado que el aire no es en realidad un gas ideal y que el volumen del la manguera y el del interior del manómetro se desprecian, el resultado no esta tan lejano, además de que se trata de una extrapolación bastante lejana a la zona de mediciones, considero que la discrepancia, que bordea el 5%, no es tan significativa.

Es digno de destacar la importancia que tiene hacer buenas mediciones del volumen involucrado, aquí se asumió que el volumen total es el de la jeringa, despreciándose el volumen de las mangueras y el del manómetro, si agregamos estos volúmenes, haciendo una estimación de ellos se logra mejorar bastante el valor de la presión atmosférica. En nuestro caso se estimó un valor de al menos 0,35 cm³ para dicho volumen, sin embargo no es fácil precisar el volumen interior del instrumento.

Experimento N° 2: Temperatura mediante un termómetro de gas a volumen constante.

Resumen

Empleando un medidor de presión arterial (de aguja), una ampolla de vidrio, un termómetro calibrado y conociendo la presión atmosférica presente, resulta posible determinar una proporcionalidad entre la presión absoluta y temperatura en escala Celsius. Extrapolando la recta obtenida se determina un valor aproximado para el cero absoluto de temperatura, valor que difiere del esperado en alrededor de un 8%.

Teoría

Supongamos que el aire se comporta como un gas ideal, si se pone una ampolla de vidrio a una temperatura determinada (baja, cercano a 0°C), y luego, a esa temperatura, se le conecta el medidor de presión de manera que aquél indique cero, al poner dicha ampolla en un ambiente a mayor temperatura se presentará un incremento en el valor de la presión del aire en su interior.

Así, poniendo dicha ampolla de vidrio en tientos con agua a diferentes temperaturas, se podrá obtener una tabla de valores de diferencia de presión y temperatura.

Recordemos que, para un gas ideal es válida la ecuación de estado ($p V = n R T$) en que p es la presión, V el volumen, T la temperatura, n el número de moles y R una constante universal, llamada constante de los gases y cuyo valor es $0,082 \text{ (atm. lt./mol } ^\circ\text{K)} \approx 8,31 \text{ (J/mol } ^\circ\text{K)}$.

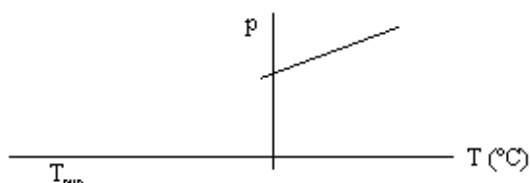
Puesto que nuestro instrumento mide en realidad la diferencia de presión en vez de la presión absoluta, a cada valor de Δp deberemos sumarle la presión atmosférica p_{at} . En estas condiciones se tiene la expresión:

$$(p_{at} + \Delta p) V = n R T$$

Si ahora consideramos la presión absoluta $p = p_{at} + \Delta p$ y puesto que la temperatura en escala Celsius se relaciona con la escala absoluta mediante: $T(^{\circ}\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + T_{min}$, en que T_{min} corresponde a la temperatura mínima posible de existir, cuyo valor corresponde a $-273(^{\circ}\text{C})$. Al graficar la presión absoluta en función de la temperatura en escala Celsius, la expresión esperada entre dichas variables tiene la forma:

$$p = n R/V (T^{\circ}\text{C} + T_{min})$$

y, por ende el gráfico esperado es:



del cual es factible, *extendiendo* la recta hasta el punto de intersección con el eje de las abscisas, estimar el cero absoluto de temperaturas por extrapolación.

Materiales

- 1 Manómetro
- 1 Bulbo de vidrio
- 1 Trozo de manguera para unirlos
- 1 Termómetro
- Recipientes a diferentes temperaturas

Procedimiento y mediciones

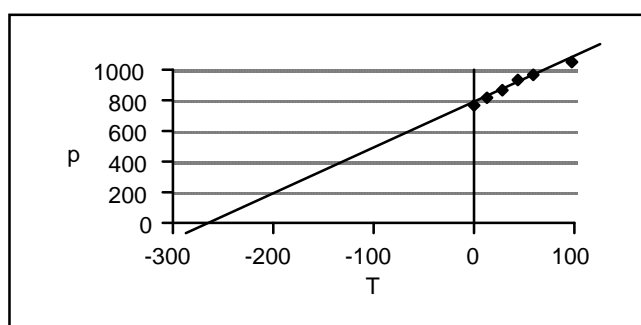
Para comenzar a hacer las mediciones se introduce el bulbo de vidrio en hielo, a 0 (°C) o una temperatura baja, cercana a dicho valor. Luego de dejarlo un rato de manera que alcance el

equilibrio térmico, se tapa con el manómetro, a través de una manguera. Entonces para dicha temperatura la diferencia de presión es nula. Luego se pone en contacto con agua fría, alrededor de 10 (°C) y se mide la diferencia de presión que indica, se cambia luego de recipiente poniéndolo a diferentes temperaturas, de manera que al ir aumentando la temperatura también aumenta la diferencia de presión medida.

Es importante mencionar que en cada caso debe mantenerse un cierto tiempo, alrededor de uno o dos minutos a objeto de que logre el equilibrio térmico con el medio en que se encuentra.

La tabla adjunta resume las mediciones realizadas.

T	² p	p
0	0	760
14	60	820
28	108	868
43	172	932
60	202	962
98	300	1060



Análisis de resultados:

A objeto de que el gráfico nos permita extrapolar la temperatura correspondiente al cero absoluto, agregamos una columna a la tabla con los valores de las presiones absolutas, es decir, a las diferencias de presión se les sumó la presión atmosférica (760 mm de Hg).

Al graficar presión v/s temperatura se observa una recta que corta el eje de las abscisas en un valor cercano al esperado (- 273 °C). El coeficiente de correlación entre dichas variables, con los valores medidos, es 0,99.

Mediante un análisis de regresión se obtuvo:

$$p = (3,0 \pm 0,1) T + (778 \pm 7)$$

expresión que al reescribir, expresando la temperatura en función de la presión, nos permite determinar el cero absoluto como el intercepto. El valor obtenido es: -252±21 (°C), valor que es muy cercano al esperado, más aún dado que el aire no es un gas ideal y además la extrapolación es bastante lejana al rango de valores medidos.

