

Ley General del Estado Gaseoso

por Enrique Hernández

James Clerk Maxwell



Figura 1. James Clerk Maxwell (Stodart, s.f.).

Ludwig Boltzmann



Figura 2. Boltzmann age31 (unbekannt, 1875).

Boltzmann y Maxwell desarrollaron lo que se conoce como teoría cinética molecular en donde presentan propiedades a nivel de sus moléculas y se mencionan las siguientes conclusiones:

- Todos los gases están formados por pequeñas partículas llamadas moléculas.
- Son homogéneos, es decir, tienen las mismas propiedades en todos sus puntos.
- Las moléculas de los gases se mueven en todas direcciones.
- Los gases ejercen presión al recipiente debido al choque de sus moléculas.
- Tienen una viscosidad pequeña debida a las acciones mutuas entre sus moléculas.



Figura 4. Active Volcano near Rabaul, New Britain Island (Flickr, 2000).

A partir de estas propiedades se ha determinado que en los gases se relacionan tres variables físicas que son la **presión**, el **volumen** y la **temperatura**. Estas relaciones se encuentran establecidas en las leyes de Charles, Boyle y Gay Lussac, las cuales a su vez están contenidas en la Ley General del Estado Gaseoso. A continuación se describen las leyes antes mencionadas.

Ley de Boyle- Mariotte



Figura 4. Robert boyle (Wikimedia Commons, s.f.).

Establecida por Boyle en 1662 en Inglaterra y también por Mariotte en 1676 en Francia para sistemas en donde se mantiene la temperatura constante.

La ley de Boyle-Mariotte establece que la presión de un gas en un recipiente cerrado es inversamente proporcional al volumen del recipiente, siempre que la temperatura permanezca constante. Se enuncia de la siguiente forma:

La presión que ejerce una masa gaseosa, es inversamente proporcional a su volumen, siempre y cuando la temperatura se mantenga constante.

Matemáticamente se expresa como:

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

Donde la temperatura se mantiene constante.

Observa el siguiente ejemplo explicativo en donde se tiene un gas contenido en un recipiente cerrado con un émbolo en la parte superior. Al colocar una pesa sobre el émbolo puedes ver que la presión aumenta y el volumen disminuye, es decir que la presión y el volumen son inversamente proporcionales.

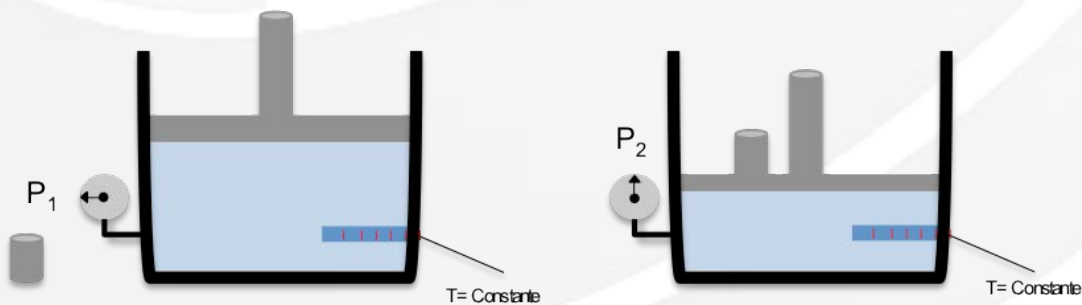


Figura 5. Ley de Boyle_Mariotte (Fernández y Pujal, 1992).

Ejemplo

Si 4 litros de cierto gas se encuentran a una presión de 600 mm de Hg. ¿Cuál será su nuevo volumen si aumenta la presión hasta 800 mm Hg, manteniendo la temperatura constante?

Solución

Sustituye los valores en la ecuación

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$(600 \text{ mm de Hg}) (4 \text{ l}) = (800.0 \text{ mm de Hg}) (V_2)$$

Despejando V_2 tiene que:

$$V_2 = \frac{600}{800} (4 \text{ l})$$

$$V_2 = 3 \text{ l}$$

Ley de Charles

Este principio lo demostró en 1787 el científico Jack Charles (francés), en donde establece la relación entre el volumen y la temperatura. Charles observó que cuando se aumenta la temperatura también se incrementa el volumen manteniendo la presión constante. Se enuncia la ley de la siguiente forma:

El volumen de un gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta, si la presión permanece constante.



Figura 6. Jacques Charles – Julien Léopold Boilly (Boilly, 1920).

Matemáticamente se representa como:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

En donde la temperatura se tiene que expresar en una escala absoluta, como por ejemplo, la escala Kelvin.

Observa el siguiente ejemplo explicativo similar al anterior, sólo que en este caso se mantiene la presión constante. Al inicio se tiene un volumen a cierta temperatura y al aumentar la temperatura, el volumen también se incrementa.

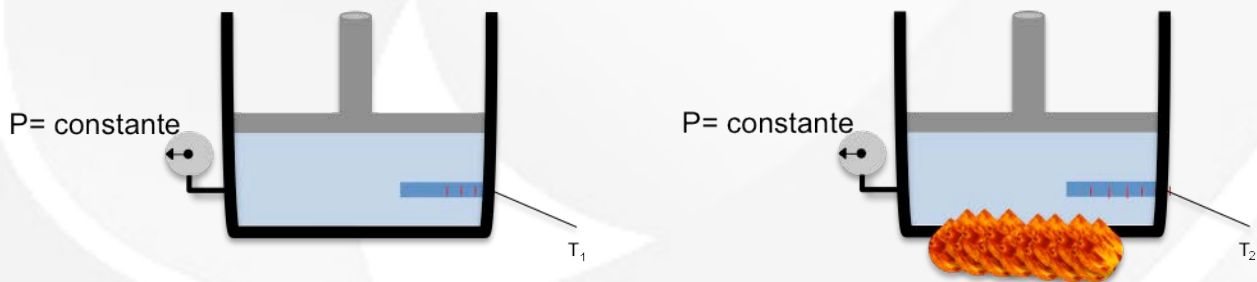


Figura 7. Presión constante y aumento de temperatura y volumen.

Ejemplo

Si se tiene gas con un volumen de 2.5 litros a una temperatura de 25 °C en un recipiente y posteriormente se le baja la temperatura a 10 °C, ¿cuál será su nuevo volumen si la presión permanece constante?

Solución

Antes de utilizar el valor de la temperatura en la fórmula es necesario expresarla en la escala Kelvin:

$$T_1 = (25 + 273) \text{ K} = 298 \text{ K}$$

$$T_2 = (10 + 273) \text{ K} = 283 \text{ K}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Tienes:

$$\frac{2.5 \text{ l}}{298 \text{ K}} = \frac{V_2}{283 \text{ K}}$$

$$V_2 = \frac{283}{298} (2.5 \text{ l}) = 2.37 \text{ l.}$$

Así que el nuevo volumen será de **2.37 litros**.

Ley de Gay-Lussac



Figura 8. Joseph Louis gay-lussac (APPER, 2005).

Gay-Lussac descubrió que cuando se tiene un volumen constante de un gas en un recipiente cerrado y se aumenta la temperatura, entonces las moléculas se mueven más rápidamente y chocan contra las paredes del recipiente haciendo que la presión aumente. Se puede enunciar de la siguiente forma:

La presión de un gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta, si el volumen permanece constante.

Matemáticamente se representa como:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Esta ley también requiere que la temperatura esté expresada en la escala absoluta (grados Kelvin).

Ejemplo

Cierto volumen de un gas se encuentra contenido en un recipiente cerrado, tiene presión de 970 mm de Hg y una temperatura de 25°C. ¿A qué temperatura deberá estar el gas para que su presión disminuya hasta 760 mm de Hg?

Solución

Los datos del problema son:

$$P_1 = 970 \text{ mmHg}$$

$$T_1 = 25^\circ\text{C}$$

$$P_2 = 760 \text{ mmHg}$$

$$T_2 = ?$$

Antes de sustituir los valores, cambia el valor de la temperatura a grados Kelvin.

$$T_1 = (25 + 273)K = 298K$$

...continúa.

Despeja el valor de T_2 en la fórmula y sustituyes valores.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{P_2}{P_1} T_1$$

$$T_2 = \frac{(760)}{(970)} (298K)$$

$$T_2 = 233.5 K$$

Por lo tanto, la temperatura deberá ser de 233.5K o expresándolo en grados centígrados:

$$T_2 = (233.5 - 273)^\circ C = -39.5^\circ C$$

Ley general del estado gaseoso

La ley de Charles y la de Boyle-Mariotte, se pueden combinar para obtener una expresión que relacione la presión, el volumen y la temperatura. A esta ley se le conoce como Ley General del Estado Gaseoso.

Matemáticamente se expresa como:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

En donde la temperatura del gas se expresa en una escala absoluta (grados Kelvin) y la masa del gas se considera constante.

Ejemplo

Un recipiente contiene 30 litros de oxígeno a una presión absoluta de $5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, a una temperatura de 15°C . Si la presión absoluta baja a $5 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ y la temperatura desciende hasta -10°C , ¿cuál será el volumen contenido en el recipiente?

Solución

Este problema involucra la tres variables: presión, volumen y temperatura, así que se utiliza la Ley General del Estado Gaseoso.

Los datos de este problema son:

$$P_1 = 5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$V_1 = 30 \text{ l}$$

$$T_1 = 15^\circ\text{C}$$

$$P_2 = 5 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

$$V_2 = ?$$

$$T_2 = -10^\circ\text{C}$$

Antes de sustituir valores en la expresión, debes cambiar los grados centígrados a grados Kelvin.

$$T_1 = (15 + 273) \text{ K} = 288 \text{ K}$$

$$T_2 = (-10 + 273) \text{ K} = 263 \text{ K}$$

Ahora aplicas la Ley General del Estado Gaseoso, despejamos V_2 y sustituyes valores.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1}$$

$$V_2 = \frac{(5 \times 10^6)(30 \text{ l})(263)}{(5 \times 10^4)(288)}$$

$$V_2 = 2739.58 \text{ l}$$

Por lo que el volumen contenido en el recipiente será de **2,739.58 litros**.

Referencias de las imágenes

- APPER. (2005). *Joseph Louis gay-lussac*. Recuperada de http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Joseph_louis_gay-lussac.jpg (Imagen de dominio público, de acuerdo a: http://en.wikipedia.org/wiki/Public_domain).
- Boilly, J. L. (1920). *Jacques Charles – Julien Léopold Boilly*. Recuperada de http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jacques_Charles_-_Julien_L%C3%A9opold_Boilly.jpg?uselang=es (Imagen de dominio público, de acuerdo a: http://es.wikipedia.org/wiki/Dominio_p%C3%BAblico?uselang=es).
- Fernández, J., y Pujal, M. (1992). Ley de Boyle_Marriottte. En *Iniciación a la física*. Barcelona, España: Reverté. Recuperado de http://books.google.com.mx/books?id=YITNSPUvxwC&pg=PA242&pg=PA242&dq=boyle+mariotte&source=bl&ots=Ck_FkylBD9&sig=C9u_5zpnfBdzZ9LVIRGMa6BnY44&hl=es&sa=X&ei=4KEAUKuilubC2wW8h7WtBA&ved=0CD4Q6AEwAg#v=onepage&q=boyle%20mariotte&f=false
- Flickr. (2000). *Active Volcano near Rabaul, New Britain Island*. Recuperada de <http://www.flickr.com/photos/barrypeters/4296886815/> (Imagen bajo licencia Attribution 2.0 Generic, de acuerdo a: <http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>).
- Stodart, G. J. (s.f.). *James Clerk Maxwell*. Recuperada de http://commons.wikimedia.org/wiki/File:James_Clerk_Maxwell.png?uselang=es (Imagen de dominio público, de acuerdo a: http://es.wikipedia.org/wiki/Dominio_p%C3%BAblico?uselang=es).
- Unbekannt. (1875). *Boltzmann age31*. Recuperada de http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Boltzmann_age31.jpg?uselang=es (Imagen de dominio público, de acuerdo a: http://es.wikipedia.org/wiki/Dominio_p%C3%BAblico?uselang=es).
- Wikimedia Commons. (s.f.). *Robert boyle*. Recuperada de http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Robert_boyle.jpg (Imagen de dominio público, de acuerdo a: http://commons.wikimedia.org/wiki/Public_domain#Material_in_the_public_domain).

Bibliografía

- Hewitt, P. (2007). *Física Conceptual* (10ª. ed.; V. A. Flores, Trad.). México: Pearson Educación.
- Tippens, P. (2007). *Física, conceptos y aplicaciones* (7ª. ed.; A. C. González y Universidad Nacional Autónoma de México, Trads.). México: Mc Graw Hill.