



Universidad Autónoma Chapingo
Dpto. de Preparatoria Agrícola
Área de Física



Física II

“Ley de Charles”

Diciembre del 2020



Ley de Charles:

- ¿A qué se debe que a un neumático se le deba extraer aire cuando su temperatura ha aumentado por estar rodando en un piso caliente?
- ¿Por qué a los tanques que tienen poco gas se les vacía agua caliente para que aumente la intensidad de la llama producida por el gas?
- ¿Por qué un balón rebota más en un día soleado que en un día frío?
- Todo esto está relacionado con el incremento de presión que ejercen los gases al cambiar su temperatura, cuando su volumen permanece constante (proceso isocórico).
- Esto indica que la presión que ejerce el gas sobre las paredes del recipiente que lo contiene es proporcional a su temperatura.



Ley de Charles:

Para saber cómo se relaciona la presión que ejerce un gas con su respectiva temperatura en un proceso de esta naturaleza, pongamos una cierta masa de gas en un recipiente hermético cuyo volumen permanezca constante.

Al variar la temperatura del gas y midiendo la presión que ejerce para diferentes temperaturas, observamos que:

“La presión que ejerce un gas sobre las paredes del recipiente que lo contiene, es directamente proporcional a su temperatura, para un proceso en el cual el volumen del gas permanece constante”

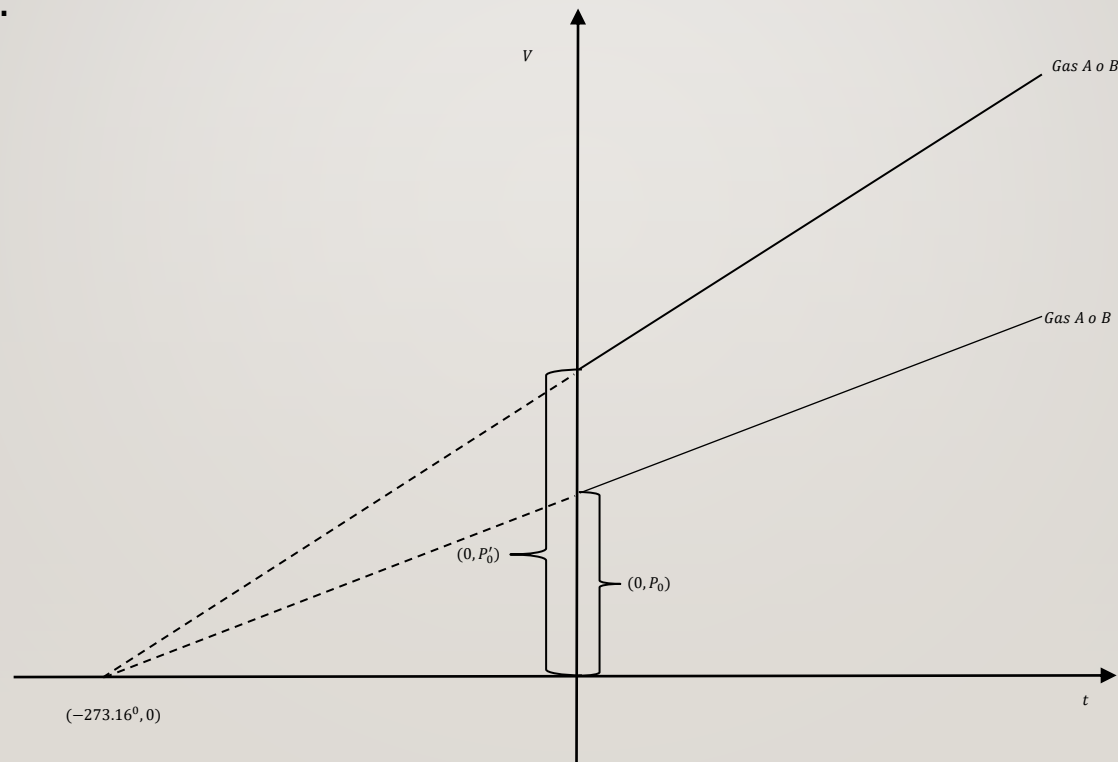
Esto nos indica que, a mayor temperatura, mayor es la presión que ejerce el gas y a menor temperatura, menor presión.





Ley de Charles:

La figura muestra las rectas de los volúmenes de dos gases en función de sus temperaturas.





Ley de Charles:

- Es decir, la gráfica resultante de la presión que ejerce un gas en función de su temperatura para un proceso isocórico (volumen constante), es una línea recta.
- Un hecho aún más interesante se presenta cuando realizamos este experimento bajo las mismas condiciones iniciales de presión, volumen y temperatura, pero ahora con un gas diferente.
- Lo importante es que, al graficar la presión del nuevo gas con su respectiva temperatura, observamos que la recta resultante es idéntica a la del gas anterior.



Ley de Charles:

Del análisis hecho se puede concluir que:

“Todos los gases ejercen la misma presión, independientemente de su naturaleza”

La afirmación anterior se puede enunciar de forma equivalente diciendo que todos los gases poseen el mismo coeficiente de compresibilidad.

Además, si los experimentos anteriores se hubiesen realizado con una presión diferente al que ocupaban los gases para el mismo volumen a una temperatura de cero grados centígrados, tendríamos de nuevo una recta, aunque con diferente inclinación. Esto da pauta para pensar que la inclinación de la recta depende de la presión que tenga un gas para un volumen y temperatura determinada.



Ley de Gay-Charles:

Para deducir completamente la ecuación de una recta, como las que se han mencionado, es necesario y suficiente conocer un par de puntos de esa recta.

Por ejemplo, en la recta con menor inclinación que se muestra en la figura, se ubican dos puntos cuyas coordenadas son fácilmente identificables.

El primero de ellos es el formado por el cruce de la recta y el eje vertical y el segundo, es el formado por el cruce con el eje horizontal.

El primer punto tiene como coordenadas $(0, P_0)$ que físicamente representa la presión del gas a cero grados centígrados.

El segundo punto tiene como coordenadas $(-273.16\ ^\circ\text{C}, 0)$ expresándonos que la presión en el gas a esa temperatura es igual a cero.



Ley de Charles:

De esta manera, al conocer las coordenadas de los puntos antes señalados, podemos deducir la ecuación que relaciona el volumen del gas con su temperatura.

Al tomar un punto arbitrario sobre la recta observamos que las proporciones entre las diferencias de presión y las diferencias de temperatura son iguales, es decir:

$$\frac{P - 0}{t - (-273.16^{\circ}\text{C})} = \frac{P_0 - 0}{0 - (-273.16^{\circ}\text{C})}$$

Despejando, se tiene:

$$P = \frac{P_0(t + 273.16^{\circ}\text{C})}{273.16^{\circ}\text{C}} = \frac{P_0}{273.16^{\circ}\text{C}} (t + 273.16^{\circ}\text{C}) = P_0 \gamma (t + 273.16^{\circ}\text{C})$$



Ley de Charles:

Donde:

$$\gamma = 1/273.16 \text{ } ^\circ\text{C} = 3.66 * 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

A γ se le conoce como coeficiente de compresibilidad.

De esta forma, se puede afirmar que la pendiente de la recta depende directamente de estos dos parámetros.

Para mayor P_0 y γ se tendrá mayor pendiente.

También concluimos que se puede obtener el valor del cero absoluto y que no depende del tipo de gas que se use. ¡Es independiente de la naturaleza del gas!



Ley de Charles:

Como a la temperatura de -273.16°C la presión del gas es igual a cero, se ha conformado una nueva escala de temperatura dada por la siguiente ecuación:

$$T = t + 273.16$$

Así, la nueva escala de temperatura es igual a la suma de la temperatura centígrada más 273.16. Esta escala comúnmente se conoce como escala absoluta o escala Kelvin.

Sustituyendo la nueva escala en la ecuación de la presión, se tiene:





Ley de Charles:

Al sustituir la ecuación para la presión, la nueva escala de temperatura se tiene:

$$P = P_0 \gamma T$$

Es decir:

$$\frac{P}{T} = P_0 \gamma$$

Para dos volúmenes y temperaturas absolutas diferentes, se tiene:

$$\frac{P_1}{T_1} = P_0 \gamma = \textit{Constante} \quad \text{y} \quad \frac{P_2}{T_2} = P_0 \gamma = \textit{Constante}$$



Ley de Charles:

Si dos términos son iguales a un tercero, entonces son iguales entre sí. Es decir:

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

Esta expresión corresponde a la ecuación para la Ley de Charles y nos dice que:

“Para dos estados diferentes de un gas dado, el cociente de la presión de un gas entre su respectiva temperatura absoluta permanece constante para un proceso isocórico”



Ley de Charles:

Como consecuencia de esta ley, podemos afirmar lo siguiente:

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

“Al duplicarse la temperatura absoluta de un gas, también se duplicará su presión y al disminuir su temperatura absoluta a la mitad, también disminuirá su presión a la mitad, para un proceso isocórico”

¡Esta ecuación sólo es válida si la temperatura está expresada en Kelvin!

Es por ello que a un neumático se le debe extraer aire cuando su temperatura ha aumentado por estar rodando en un piso caliente.

De igual forma, es por ello que a los tanques que tienen poco gas se les vacía agua caliente para que aumente la intensidad de la llama producida por el gas.



Ley de Charles:

Las unidades de la presión son: mmHg, cmHg, atmósferas, Pascales(N/m²).

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 76 \text{ cmHg} = 1.013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pas}$$

Como ejemplo, supongamos que queremos saber a cuanto equivalen $2 \cdot 10^5 \text{ Pas}$ a mmHg, atm y cmHg.

$$2 \cdot 10^5 \text{ Pa} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 1 \text{ atm}}{1.013 \cdot 10^5 \text{ Pas}} = 1.77 \text{ atm}$$

$$2 \cdot 10^5 \text{ Pa} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 760 \text{ mmHg}}{1.013 \cdot 10^5 \text{ Pas}} = 1500.5 \text{ mmHg}$$

$$2 \cdot 10^5 \text{ Pa} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 76 \text{ cmHg}}{1.013 \cdot 10^5 \text{ Pas}} = 150.05 \text{ cmHg}$$



Ley de Charles:

Como siguiente ejemplo, supongamos que queremos saber a cuanto equivalen 1000 mmHg en atm, Pascales y cmHg.

$$1000 \text{ mmHg} = \frac{1000 \text{ mmHg} * 1.013 * 10^5 \text{ Pas}}{760 \text{ mmHg}} = 133289.47 \text{ Pas}$$

$$1000 \text{ mmHg} = \frac{1000 \text{ mmHg} * 1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = 1.3158 \text{ atm}$$

$$1000 \text{ mmHg} = \frac{1000 \text{ mmHg} * 76 \text{ cmHg}}{760 \text{ mmHg}} = 100 \text{ cmHg}$$



Ley de Charles:

Como ejemplo de la Ley de Charles, supongamos que un gas ejerce una presión de 2 atmósferas a una temperatura de 0°C. Si aumentamos su temperatura hasta 100°C, calcule la presión que ejerce el gas a esa temperatura.

La temperatura de 0°C equivale a:

$$T_1 = 273.16 + 0 = 273.16 \text{ K}$$

Y que la temperatura de 100°C, es igual a:

$$T_2 = 273.16 + 100 = 373.16 \text{ K}$$

Por lo que la presión final es:

$$P_2 = \frac{P_1}{T_1} T_2 = \frac{2 \text{ atm} * 373.16 \text{ K}}{273.16 \text{ K}} = 2.732 \text{ atm}$$



Ley de Charles:

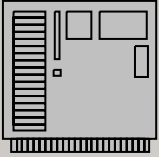
Como siguiente ejemplo de la Ley de Charles, supongamos que un gas ejerce una presión de 3 atmósferas a una temperatura de 10°C . Si aumenta la presión en el gas hasta 4 atmósferas, calcule la temperatura a la que se encontrará.

La temperatura de 10°C equivale a:

$$T_1 = 273.16 + 10 = 283.16 \text{ K}$$

Por lo que la temperatura final es:

$$T_2 = \frac{T_1}{P_1} P_2 = \frac{283.16 \text{ K}}{3 \text{ atm}} 4 \text{ atm} = 377.55 \text{ K} = 104.39^{\circ}\text{C}$$



Atentamente:

Dr. Guillermo Becerra Córdova

Página: <http://virtual.chapingo.mx/fis>