

Unidad 2:

Revisión Leyes de los Gases – Ecuación General de Estado – Ecuación de Gases Ideales

Introducción Teórica

En esta unidad vamos a ampliar los conocimientos que estuviste trabajando el año anterior respecto del estado gaseoso.

El movimiento de las moléculas en el estado gaseoso es aleatorio, y las fuerzas de atracción entre ellas es tan pequeña que cada una se mueve en forma libre e independiente una de otra.

El comportamiento de los gases se estudia considerando las variaciones que sufren los parámetros de presión, temperatura y volumen; si bien estos parámetros pueden modificarse simultáneamente, es usual estudiar dos parámetros dejando constante el tercero.

Recodemos algunos conceptos:

Gas: Sustancia que se encuentra en estado gaseoso, a temperatura ambiente y presión normal.

Vapor: Sustancia que se encuentra en estado líquido o sólido a temperatura y presión normal y se transforma en estado gaseoso por modificación de dichas variables de estado.

Volumen: Es una magnitud que indica el espacio que ocupa una sustancia. El volumen de un gas es igual al volumen del recipiente que lo contiene. Se mide en unidades de volumen, tales como decímetro cúbico (dm^3), centímetro cúbico (cm^3), litro (L), mililitro (mL); siendo las dos primeras del sistema internacional (SI).

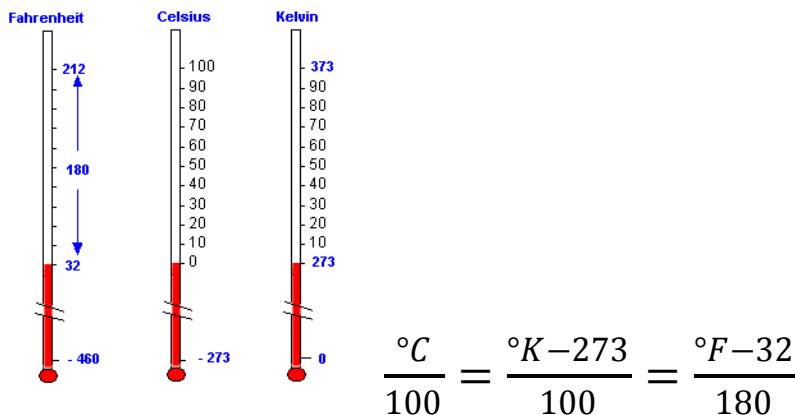
Equivalencias: $1\text{dm}^3 = 1000\text{ cm}^3$ $1\text{dm}^3 = 1\text{L}$ $1\text{cm}^3 = 1\text{mL}$

Presión: Es una magnitud que indica la fuerza que ejerce el gas en una unidad de área. Es una medida de las colisiones que ejercen de las moléculas de gas sobre la superficie interna del recipiente. La presión puede medirse en diferentes unidades de medida, dependiendo del sistema de unidades que se considere. Las unidades de presión que utilizaremos son: pascal (Pa) y hectopascal (hPa), ambas del SI, y atmósfera (atm) y torricelli (Torr) que antiguamente era llamada “milímetro de mercurio” (mmHg).

Equivalencias $101325\text{ Pa} = 1013,25\text{ hPa} = 1\text{atm} = 760\text{ Torr} = 760\text{ mmHg}$

Temperatura: Es una magnitud que está relacionada con la energía cinética de las moléculas, que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema (recordar el 3er. postulado de la Teoría Cinético Copuscular) . A medida de aumente la energía cinética de un sistema, su temperatura será mayor. Las temperaturas se miden con termómetros y existen diferentes escalas termométricas.

A continuación se presentan las temperaturas en escala de grados Celsius, grados Fahrenheit y en grados Kelvin con la respectiva conversión de unidades.

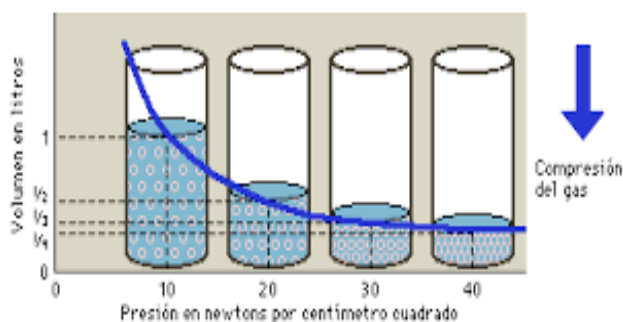


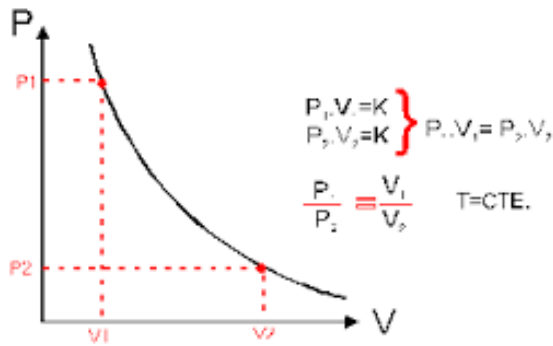
El comportamiento de los gases fue estudiado por los científicos desde el siglo XVII, y sus conclusiones se conocen como las **Leyes de los Gases**.

LEY DE BOYLE:

Los gases tienen una propiedad característica que es su gran compresibilidad. En el año 1662, Robert Boyle estudia este comportamiento de los gases cuando la temperatura se mantiene constante, es decir siendo un proceso isotérmico. En esas condiciones el científico concluye que **el volumen de una cantidad determinada de gas disminuye al aumentar la presión**. Si se representan la variación de volumen en función de la presión, se obtiene una hipérbola equilátera denominada isoterma, ya que dichas variaciones ocurren cuando la temperatura se mantiene constante. La representación gráfica indica que para una cantidad determinada de gas a temperatura constante, el volumen del gas es inversamente proporcional a la presión. Es decir, si la presión se eleva, el volumen de gas se reduce.

Este comportamiento de los gases puede expresarse matemáticamente por la siguiente proporción:





El comportamiento de los gases a temperatura constante también fue estudiado por el físico francés Edme Mariotte, razón por la cual se la conoce como ley de Boyle-Marriotte

Ejemplifiquemos con una situación problemática

Cuando se presiona el pistón de un inflador de bicicletas, el volumen interior del inflador disminuye de 100 cm^3 a 20 cm^3 antes que el aire fluya dentro del neumático. Suponiendo que la variación es isotérmica, calcular la presión final del aire en el inflador si la presión inicial era de 1,5 atm. Consideramos el estado inicial como estado 1 y el estado final como estado 2.

Considerando la ley de Boyle podemos escribir la ecuación mencionada anteriormente como:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \text{ se deduce que } \frac{P_1 \cdot V_1}{V_2} = P_2$$

Reemplazando los valores resulta que $P_2 = \frac{1,5 \text{ atm} \cdot 100 \text{ cm}^3}{20 \text{ cm}^3} = 7,5 \text{ atm}$

LEY DE CHARLES – GAY-LUSSAC

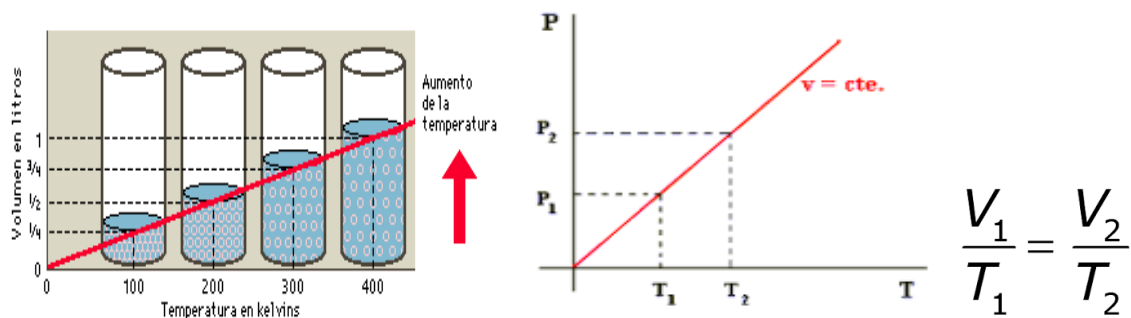
¿Qué sucede con el comportamiento del gas si se modifica la temperatura?

Los científicos franceses Jacques Charles y Joseph Gay-Lussac estudiaron el efecto de la temperatura sobre el volumen de gas (manteniendo la presión constante) y sobre la presión ejercida por el gas (manteniendo el volumen constante).

A Presión Constante (proceso isobárico):

El volumen de una muestra de gas se expande cuando se calienta el gas y se contrae al enfriarse. La representación en ejes de coordenadas de dichas variaciones es una función lineal denominada isobara ya que ocurre cuando la presión del gas es constante. El científico Charles-Gay Lussac postula que el volumen de una cantidad fija de gas mantenido a presión constante es directamente proporcional a la temperatura absoluta del gas.

La variación en el comportamiento del gas puede expresarse según la proporción matemática indicada:



La ley de Charles- Gay Lussac indica que el volumen de una cantidad fija de gas mantenido a presión constante es directamente proporcional a la temperatura absoluta del gas

Recordar que debes utilizar la temperatura en Escala Kelvin para realizar los problemas de gases, puesto que es la única escala de temperatura de carácter **no arbitrario**.

Ejemplificando:

Un globo lleno de aire tiene un volumen de 500 cm³ cuando la temperatura es de 15 °C. Si la temperatura inicial se triplica, ¿cuál será el nuevo volumen que alcanzará el globo?

Es conveniente organizar los valores de volumen y temperatura que te indica el problema. Recordar expresar las temperaturas en escala absoluta

$$T_1 = 15\text{ °C} + 273 = 288\text{ K}$$

$$T_2 = (3 \cdot 15\text{ °C}) + 273 = 45\text{ °C} + 273 = 318\text{ K}$$

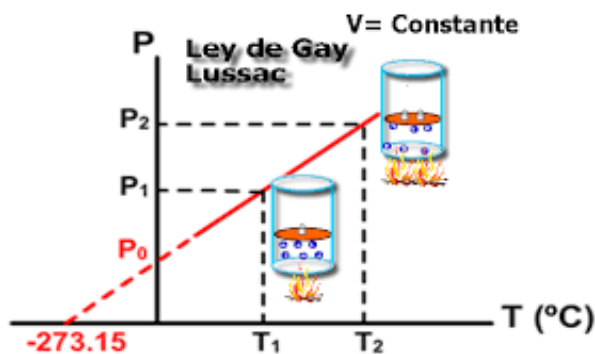
$$V_1 = 500\text{ cm}^3$$

Teniendo en cuenta la ecuación de Charles es posible calcular el valor de la nueva presión sabiendo que:

$$\frac{V_1}{T_1} \cdot T_2 = V_2 \frac{500\text{ cm}^3 \cdot 318\text{ K}}{288\text{ K}} = V_2 \quad V_2 = 552\text{ cm}^3$$

A Volumen Constante (proceso isocórico):

La presión de una muestra de gas aumenta cuando se calienta el gas y disminuye al enfriarse. La representación en ejes de coordenadas de dichas variaciones es una función lineal denominada isocora ya que ocurre cuando el volumen del gas es constante. La variación en el comportamiento del gas puede expresarse según la proporción matemática indicada.



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

La ley de Charles- Gay Lussac indica que la presión de una cantidad fija de gas mantenido a volumen constante es directamente proporcional a la temperatura absoluta del gas

Ejemplificando:

Un tanque de oxígeno almacenado fuera de un edificio tiene una presión de 2,5 atm a las 6 de la mañana cuando la temperatura es de 10 °C. ¿Cuál será la presión del tanque a las 6 de la tarde cuando la temperatura sea de 30 °C?

Como en el problema anterior es conveniente organizar los valores de presión y temperatura que te indica el problema. Recordar expresar las temperaturas en escala absoluta.

$$T_1 = 10\text{ °C} + 273 = 283\text{ K}$$

$$T_2 = 30\text{ °C} + 273 = 303\text{ K}$$

$$P_1 = 2,5\text{ atm}$$

Teniendo en cuenta la ecuación de Charles – Gay Lussac es posible calcular el valor de la nueva presión sabiendo que:

$$\frac{P_1}{T_1} \cdot T_2 = \frac{2,5\text{ atm} \cdot 303\text{ K}}{283\text{ K}} = P_2 \quad P_2 = 2.7\text{ atm}$$

Relación entre el volumen del gas y la cantidad: ley de Avogadro

El científico Italiano Amedeo Avogadro complementa las conclusiones realizadas por Boyle indicando que cuando la presión y la temperatura de un gas se mantienen constantes, volúmenes iguales de gases diferentes contienen el mismo

número de moléculas átomos (si el gas es monoatómico). De acuerdo a esto el volumen de cualquier gas es proporcional a la cantidad de moles de moléculas presente (n)

$$V = k \cdot n \quad \text{donde } k \text{ es una constante de proporcionalidad}$$

ECUACION GENERAL DE ESTADO

Las leyes de Boyle-Mariotte y Charles-Gay Lussac dan cuenta del comportamiento de una sustancia en estado gaseoso cuando una de las variables se mantiene constante, porque de esta manera se facilita el estudio de las propiedades de los gases y la influencia de una variable. En la vida cotidiana generalmente se modifican simultáneamente dos de las variables produciendo la modificación de la tercera variable en cuestión.

Si la cantidad de gas (el número de corpúsculos) se mantiene constante es posible relacionar la presión, el volumen y la temperatura del estado inicial de un gas ideal con las mismas variables en el estado final.

Te invito a realizar junto con tu profesor la deducción de la Ecuación de Estado a partir de las leyes trabajadas.

$$\left. \begin{array}{l} \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1 \cdot n_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2 \cdot n_2} \\ n = \text{Constante} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Ejemplificando:

Un globo que contiene 0.55 L de helio se encuentra a temperatura de 25 °C cuando la presión atmosférica es normal (1023 hPa o 1 atm). ¿Cuál será la presión ejercida por el gas si el globo se eleva en la atmósfera y la temperatura inicial desciende a la mitad mientras el volumen del gas disminuye a 0.40 litros?

Ordenando los datos

$$T_1 = 25 \text{ °C} + 273 = 298 \text{ K}$$

$$T_2 = 12,5 \text{ °C} + 273 = 285.5 \text{ K}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$V_1 = 0.55 \text{ l}$$

$$V_2 = 0.40 \text{ l}$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 V_2} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 0.55 \text{ l} \cdot 285.5 \text{ K}}{298 \text{ K} \cdot 0.40 \text{ l}} P_2 = 1.5 \text{ atm}$$

ECUACION DEL GAS IDEAL

Un gas ideal es un gas hipotético cuyo comportamiento de presión, volumen y temperatura pueden describirse completamente con la ecuación deducida a partir de las leyes de Boyle-Mariotte, de Charles-Gay Lussac a presión constante y la ley de Avogadro.

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

- P = Presión
- V = Volumen
- n = Moles de gas
- R = Constante universal de los gases ideales= 0,082 L. atm/ K. mol
- T = Temperatura absoluta

Relaciones de masa, masa molar y densidad de un gas

La densidad es una magnitud que indica la masa que tiene un determinado volumen de sustancia; se calcula como el cociente entre ambas magnitudes ($\delta=m/V$).

Las densidades de los gases son muy bajas, generalmente se expresan en unidades de (g/L). Teniendo en cuenta que la cantidad de moles de un gas puede calcularse como el cociente entre la masa de sustancia y su masa molar, es posible vincular las tres magnitudes en las ecuaciones dadas donde M = masa molar, m = masa y δ = densidad del gas

$$P \cdot V = n R T$$

$$P \cdot V = \frac{m}{M} R T$$

$$P \cdot M = \frac{m}{V} R T$$

$$P \cdot M = \delta R T$$

A partir de las ecuaciones dadas, pensar:

- ¿Qué sucede con la densidad de un gas cuando se comprime su volumen manteniendo constantes otras variables?
- ¿Por qué un globo aerostático puede elevarse por efecto del calor?

EJERCITACIÓN

- 1) ¿Cuáles son las características del estado gaseoso? ¿Cuáles son los elementos químicos que se encuentran en estado gaseoso en condiciones atmosféricas normales?
- 2) Investigar qué características tiene el gas ideal.
- 3) La presión externa del aire de un avión que vuela a gran altura es inferior a la presión atmosférica estándar, razón por la cual la cabina debe presurizarse para proteger a los pasajeros. Si la presión que indica el barómetro es de 688 mmHg, indicar el valor de la misma en atmosferas, en torr, pascuales y en milibares de presión
- 4) En un recipiente hay 50 dm³ de gas a 5 atm de presión ¿Cuál será su volumen si la presión se incrementa a 7 atm y la temperatura no varía? Justificar el resultado con la ley correspondiente
- 5) Un recipiente contiene gas helio a -10 °C y 2 atm de presión ¿Cuál será la presión que soporta si se eleva la temperatura a 38°C y el volumen no se modifica?
- 6) El argón es un gas inerte que se emplea en los focos para retrasar la vaporización del filamento de tungsteno. Un foco que contiene argón a 1,20 atm, y se encuentra a 18 °C aumenta su presión a 1,48 atm. Suponiendo el volumen de gas constante cual será la temperatura absoluta y en grados Celsius que alcanzará el gas? Justificar con la ley correspondiente
- 7) El gas dióxido de carbono ocupa un volumen de 10,5 litros a 20°C ¿Cuál será el volumen que ocupará el gas si la temperaturacelsius se incrementa en 25 % de la temperatura inicial y la presión se mantiene constante? ¿Cómo puedes explicar el resultado?
- 8) Un gas ejerce una presión de 10,5 atm a una temperatura de 35 °C. Si la temperaturacelsius inicial se triplica y se mantiene constante el volumen, ¿Cuál será la presión que ejercerá el gas?
- 9) A 0°C y 2 atm de presión un gas ocupa un volumen de 40 litros ¿Cuál será la presión que ejercerá el gas si se lo lleva a un volumen el triple del anterior y se lo calienta simultáneamente a 35°C
- 10) Una pequeña burbuja de gas se eleva desde el fondo del lago donde la temperatura y la presión son de 8 °C y 6,4 atm hasta la superficie del agua a 25 °C y presión de 1.0 atm. Calcular cual es el volumen final de la burbuja en ml si el volumen inicial era de 2,1cm³.
- 11) Cierta cantidad de gas está contenida en un recipiente de vidrio a a 25 °C y 0.8 atm de presión. Suponiendo que el recipiente soporta una presión máxima de 2 atm ¿Cuál es la temperatura máxima que puede alcanzar el gas sin que estalle?

- 12) Si el volumen inicial se triplica, cuál será la presión final en una variación isotérmica?
- 13) Determine el volumen ocupado por 0,15mol de una sustancia gaseosa a 40°C y 1715hPa.
- 14) ¿Qué volumen ocuparán 8,0g de gas metano (CH₄) a 840Torr de presión y a 15°C?
- 15) Se colocan 12,0g de gas propano (C₃H₈) dentro de un globo de material elástico. Se miden la presión y la temperatura siendo, respectivamente, 3545,5hPa y 17°C. ¿Cuál será el volumen del globo?
- 16) Determine el volumen molar de un gas ideal a 20°C y 700Torr. ¿Y cuál sería el volumen molar a 19°C y 0,92atm?
- 17) Determine el volumen ocupado por 0,12mol de moléculas de sustancia gaseosa a 50°C y 1,615atm de presión.
- 18) Calcular la masa molecular de un gas sabiendo que 500mg de gas ocupan 341cm³ cuando se encuentran a 0,832atm y a 27°C.
- 19) Calcular la densidad del gas monóxido de carbono en C.N.T.P
- 20) Calcular la densidad del gas butano (C₄H₁₀) sabiendo que, a 48°C, la presión del gas es de 0,55atm.
- 21) Calcular la masa de gas oxígeno (O₂) que, a 15°C y 810,2hPa, ocupa 138,4cm³.
- 22) Calcular la masa molar de una sustancia gaseosa si se sabe que 0,8g de ella ocupan 0,36dm³ cuando se encuentra a 20°C y a 0,97atm.

Respuestas

Algunas respuestas no están porque suponen una explicación a partir de lo estudiado. Tener en cuenta que los cifras decimales pueden variar dependiendo de las aproximaciones que hayan hecho en cada cálculo.

Ejercicios:

- 3) $P = 0.91 \text{ atm} = 688 \text{ Torr} = 91699 \text{ Pa}$ 4) 35,71 dm³ 5) 2,37 atm 6) 358.9 K = 85,9°C
- 7) 10.68 L 8) 12,9 atm 9) 0,75atm 10) 14,25cm³ 11) 745K = 472°C
- 12) 1/3 de P inicial 13) 2.3 dm³ 14) 10,7dm³ 15) 1,85dm³
- 16) 26,1dm³ y 26,0dm³ 17) 1,97dm³ 18) 43,35g/mol 19) 1,25g/dm³
- 20) 1,21g/dm³ 21) 0,15g 22) 55g/mol

Bibliografía consultada:

- Raymond Chang-Kenneth Goldsby (2013) "Química" Mc. Graw Hill
- Angelini M y otros (1999). "Temas de Química General e Inorgánica". Versión ampliada. Eudeba.