

Prof. Ramiro Domínguez Danache

TEMPERATURA, PRESIÓN Y LEYES DE LOS GASES

INTRODUCCIÓN

Acerca de la Temperatura

Seguramente habrás escuchado la expresión “hace mucho calor” en un día caluroso cuando la temperatura se eleva al mediodía más allá de 30°C, o bien que “hace mucho frío” en lugares donde la temperatura llega a estar cercana a 0°C, e incluso por debajo de ésta; prueba de ello es que el agua llega a congelarse y la humedad del medio ambiente llega a formar escarcha sobre los techos de los coches.

De igual forma podemos darnos cuenta de la temperatura de los objetos que nos rodean, por ejemplo cuando sacamos un refresco del refrigerador, basta con tocarlo para darnos cuenta de lo frío que está (y si esperamos un rato veremos cómo se opaca en el exterior y cómo posteriormente empieza a escurrir agua de la humedad condensada del medio ambiente).

Por otro lado, si tomamos una taza de café o de chocolate bien caliente, es suficiente con que acerquemos la yema de los dedos para sentir, aún sin tocarla, que la taza está caliente.

En la mayor parte de los casos podemos confiar en nuestros sentidos para distinguir entre lo frío y lo caliente. Sin embargo, hay veces que nuestros sentidos nos engañan. Imagínate que un día en una noche muy fría te levantas de la cama y descalzo pasas de pisar el tapete o la alfombra, a caminar sobre el mosaico del baño que se encuentra “realmente” frío. Nos parece que la alfombra está más caliente o menos fría que el piso del baño...

Nuestros sentidos nos engañan, ya que la alfombra y el piso se encuentran a la misma temperatura, incluso el aire del medio circundante se encuentra a la misma temperatura.

Algo similar ocurre con los objetos que están en el refrigerador; todos los objetos dentro del refrigerador adquieren la misma temperatura después de un cierto tiempo. Sin embargo, al tocar los recipientes metálicos éstos se sienten mucho más fríos que los de plástico. ¿Por qué se sienten más fríos los de metal?.

Así como hay materiales que conducen mejor la electricidad, así hay materiales que conducen mejor el calor que otros. Por ejemplo los metales son muy buenos conductores del calor en tanto que los plásticos y la madera, son malos conductores del calor.

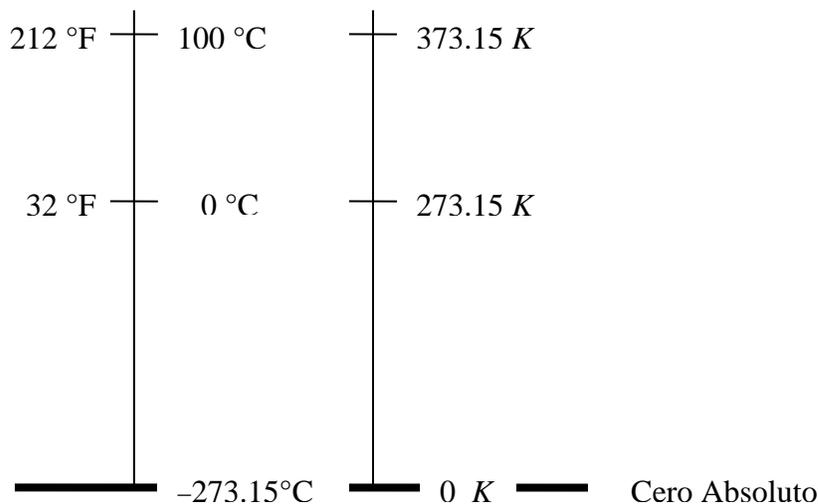
“A los que son malos conductores del calor se les dice que son buenos aislantes”.

Así, al tocar a un metal, éste es capaz de permitir un flujo rápido de calor a través de él. Por eso cuando lo tocamos, si está frío, nos roba energía y lo hace muy rápido y sentimos el cambio, en tanto que un material aislante como la madera permite el paso de calor de manera muy lenta y por eso al tocarla no sentimos un cambio brusco o apreciable.

Las escalas de temperatura

La temperatura no es más que una medida cuantitativa del grado en que un objeto está caliente o frío, Se puede medir en escalas absolutas o relativas. Las escalas Celsius ($^{\circ}\text{C}$) o centígrada, y la Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) miden temperaturas relativas, es decir, comparan la temperatura de un sistema con patrones arbitrarios, como por ejemplo el agua hirviendo y un baño de agua con hielo para la escala Celsius (Para la escala Fahrenheit se consideró como cero la temperatura de congelación de una salmuera como temperatura inferior y como temperatura superior de referencia, la temperatura corporal de un hombre sano). Así, a la temperatura de fusión del hielo le corresponden 0°C (32°F) y a la de ebullición normal del agua 100°C (212°F).¹

La escala Kelvin (K) mide temperaturas absolutas. Esto quiere decir que existe un punto de temperatura mínima (cero absoluto), a partir de el cual se empieza a medir la temperatura de manera positiva. Un objeto que tiene una temperatura de 0°C tiene una temperatura de 273.15 K .



¹ Gabriel Daniel Fahrenheit elaboró el primer dispositivo exitoso usado como termómetro al desarrollar un termómetro de mercurio en 1714. Anders Celsius desarrolló su escala hasta 1742.

Caliente... o ¿Frío?

Y a propósito, ¿qué significa que algo esté caliente... o frío...?

Si algo está a 40°C... ¿.está caliente o frío?

Veamos las siguientes situaciones:

- Un niño que ha caído enfermo en cama y que presenta una temperatura de 40°C; con seguridad su mamá se encontrará preocupada y tratará por todos los medios de bajarle su temperatura, ya que es de conocimiento popular que la temperatura corporal debe ser alrededor de los 36°C o 37°C, y que al llegar a 40°C o más, de no bajársela, el niño podría sufrir lesiones graves y permanentes.
- En cambio, si lo que está a 40°C es una taza de chocolate o de consomé, quizás cuando mucho diríamos que esta tibio.
- Por otro lado si lo que está a 40°C es el horno de la cocina, diríamos que está frío y que tendríamos que esperar a que se calentara a más de 100°C para poder introducir el molde con la pasta para un pastel.

Los conceptos de caliente o frío son relativos y sólo se pueden utilizar para hacer la comparación entre dos cuerpos con diferentes temperaturas o bien con respecto a alguna temperatura de referencia conocida.

Acerca de la Presión

Seguramente alguna vez has pasado por la gasolinera a bordo de un automóvil para cargar gasolina y revisar la presión de las llantas. El empleado de la gasolinera hace la pregunta tradicional de “¿a cómo van las llantas?...” y la respuesta típica es “**a 28...**”.

Efectivamente lo recomendado es que se calibren a una presión “**entre 28 y 30**”. Ante esta respuesta, el empleado de la gasolinera toma la manguera del aire a presión y ayudado por su “**calibrador**” ajusta las llantas al valor indicado. Surge la pregunta...

“¿entre 28 y 30 qué...?”

No faltará quien diga con mucha seguridad...

“por supuesto que... ¡libras!... ¿que otra cosa?...”

Y seguramente alguien más dirá...

“¡libras por pulgada cuadrada!”

No obstante que se ha insistido en las últimas décadas en el uso del Sistema Internacional de unidades, aún hay un buen número de unidades de uso corriente (algunas de ellas mal usadas o incorrectas), derivadas del sistema inglés.

Puesto que la presión se define como la fuerza aplicada sobre un área, y en el sistema internacional la unidad de fuerza es el Newton y el área el metro cuadrado, la unidad de presión del SI es el Newton/m² que recibe el nombre de Pascal:

$$\text{Presión} = \text{Fuerza}/\text{Área} \qquad 1 \text{ Pascal} = 1 \text{ Newton/m}^2$$

Que por cierto resulta ser una unidad de presión muy pequeña ya que se requieren 101,325 Pa para dar una presión equivalente a la de una atmósfera.

Por cierto, una unidad de presión muy usada es la atmósfera, la cual es la presión ejercida precisamente por la atmósfera, es decir por esa capa de gases que nos rodea. Para medir la presión atmosférica se utiliza el “barómetro”. El barómetro de mercurio fue inventado en 1643 por Evangelista Torricelli, matemático que estudió con Galileo en Florencia.

Investiga y haz un esquema del barómetro de Torricelli

La presión atmosférica puede variar dependiendo de la altura del lugar y de las condiciones climáticas en varios milímetros de mercurio (mmHg), así que la atmósfera estándar corresponde a la medida al nivel del mar y por definición corresponde a 101325 Pa, como ya se había mencionado anteriormente.

Ley de Boyle

Roberto Boyle y sus contemporáneos a menudo se referían a la presión ejercida por un gas como “*el resorte del aire*”, debido a que un volumen de gas se comportaba mecánicamente como un resorte. Si se comprime un gas en un cilindro con un pistón, el pistón se regresa cuando se deja de ejercer la fuerza sobre de él, comportándose de manera similar a un resorte cuando se le comprime.

Boyle trató de explicar esta capacidad del aire de comportarse como un resorte, de acuerdo con las teorías corpusculares de la época. Decía Boyle “Imaginen que el aire está compuesto de pequeñas partículas como pequeños rizos (resortitos), de lana, unos encima de otros de tal manera que pueden ser compactados.

En 1660, Boyle publica la primera edición de su libro “Nuevos Experimentos, Físico-Mecánicos, Tocando el resorte del Aire, y sus Efectos”, en el cual él

describía sus observaciones hechas con una nueva bomba de vacío que el había construido.

Encontró que cuando se hacía vacío extrayendo el aire que rodeaba al barómetro de Torricelli, la columna de mercurio se venía abajo. Para Boyle este experimento parecía probar concluyentemente que la columna de mercurio estaba soportada por el aire.

Sin embargo, Thomas Hobbes y Franciscus Linus objetaron inmediatamente el trabajo de Boyle argumentando la imposibilidad filosófica de la existencia de un vacío:

“... el vacío es nada... y lo que es nada no puede existir...”

En respuesta a las objeciones de Linus Y Hobbes, Boyle incluye un apéndice en la segunda edición de su libro, publicada en 1662, en la cual describe un experimento nuevo. El utilizó un manómetro que consistía en un tubo de vidrio con mercurio, doblado en forma de “J” y cerrado en uno de sus extremos de tal manera que quedara aire atrapado en el extremo cerrado.

Adicionando mercurio en el extremo abierto del manómetro en forma de “J”, la presión podía incrementarse en el aire atrapado en el otro extremo del manómetro. Boyle observó que conforme se incrementaba la presión el volumen del gas disminuía proporcionalmente en tanto que la temperatura del gas prácticamente se mantuvo constante durante todo el experimento.

Esto dio lugar a la Ley de Boyle, que puede expresarse como sigue:

Ley de Boyle: A temperatura constante, el volumen de una muestra dada de gas varía inversamente proporcional a la presión.

En términos matemáticos, $V \propto 1/P$ o bien que:

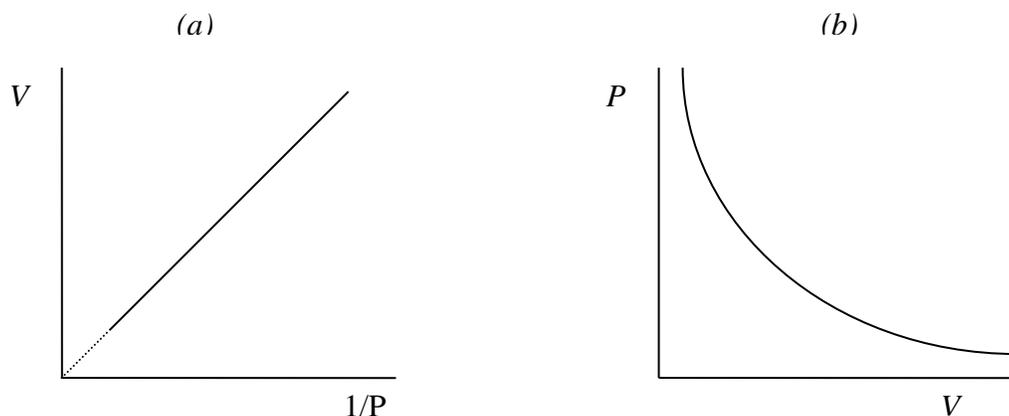
$$V = k (1/P)$$

$$PV = k$$

Donde “k” es una constante de proporcionalidad que depende de la temperatura a la que está la muestra de gas y de su masa.

La ley de Boyle puede representarse gráficamente:

- como una recta que pasa por el origen y cuya pendiente es igual al valor de la constante de la ecuación de Boyle
- Como una hipérbola equilátera, con asíntotas a los ejes, y donde se considera sólo la parte correspondiente a las ramas positivas de los ejes, ya que no tiene sentido hablar de volúmenes y presiones negativas.



La ley de Boyle se cumple bastante bien para muchos gases a bajas presiones, pero el comportamiento real de los gases puede desviarse enormemente a altas presiones.

Problema

Una muestra de 64 mL de aire se encuentra a una presión de 100 mmHg. Si la temperatura se mantiene a 0°C; ¿qué volumen ocupará si se le comprime a: 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 mmHg?

P/mmHg	100	200	300	400	500	600	700	800
Vaire/mL	64							

Ley de Charles o de Gay Lussac

En 1787, Charles estudió el comportamiento de varios gases, entre ellos el oxígeno, hidrógeno, bióxido de carbono y al aire. Observó que éstos se dilataban en igual cantidad al ser calentados de 0°C a 80°C a presión constante.

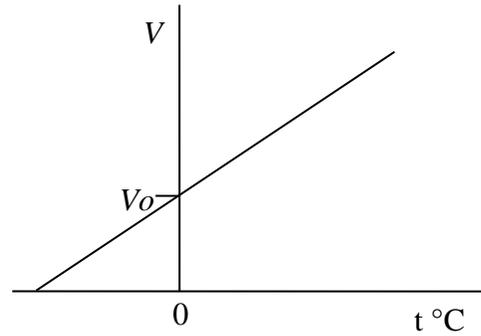
Sin embargo, los primeros experimentos detallados sobre la variación del volumen de los gases a presión constante fueron los publicados por Joseph Gay

Lussac de 1802 a 1808.² Gay Lussac encontró que los diferentes gases estudiados mostraron la misma dependencia del volumen respecto a la temperatura. Encontró que el incremento de volumen por cada grado de elevación de la temperatura era aproximadamente de 1/273 del volumen del gas a 0°C.³

Esto puede representarse matemáticamente como la ecuación de una recta de la siguiente forma:

$$V = V_0 + \alpha_0 V_0 (t)$$

$$y = b + m (x)$$



Por otro lado, si: $V = V_0 (1 + \alpha_0 t)$ y $\alpha_0 = 1/273$, entonces:

$$V = V_0(1 + t/273)$$

es decir:

$$V = V_0 \left(\frac{273 + t}{273} \right)$$

Si se define una nueva escala de temperatura (absoluta), donde: $T = 273 + t$, entonces la Ley de Charles Gay Lussac se puede escribir como:

$$V = V_0 \left(\frac{T}{T_0} \right)$$

o de otra manera:

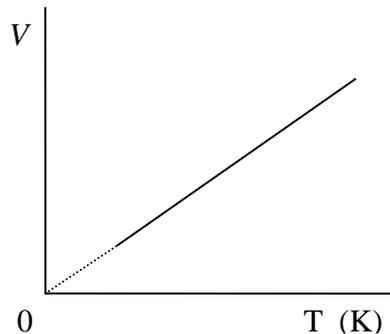
$$\left(\frac{V}{T} \right) = \left(\frac{V_0}{T_0} \right)$$

² Nótese la diferencia de años entre un investigador y otro. Gay Lussac es quien da a conocer formalmente por primera vez sus estudios. Sin embargo, se reconoce el trabajo anterior de Charles y en muchos libros se hace sólo mención como la Ley de Charles, dejando de lado a Gay Lussac.

³ De hecho Gay Lussac encontró que α_0 era aproximadamente igual a 1/267, pero en 1847 Regnault con un procedimiento experimental mejorado obtuvo el valor de 1/273.

O sea que la relación $(V/T) = k$, es decir, que $V = k T$. Entonces la ley de Charles puede expresarse de la siguiente manera:

“A presión constante, el volumen de una muestra de gas varía directamente proporcional a la temperatura absoluta”.



En este caso se trata de la ecuación de una recta que pasa por el origen:

Problema:

Una muestra de 25 mL de aire se encuentra a 0°C; ¿qué volumen ocupará si se le calienta a: 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 °C? Completa la tabla

t/°C	0	40	45	50	55	60	65	70
Vaire/mL	25							

Bibliografía:

Physical Chemistry
David W. Ball
Thomson, 2003.

Química. Estructura y Dinámica
J.N. Spencer, G.M. Bodner, L.H. Richard
CECSA. 2000.

Fisicoquímica
Keith J. Laidler, John H. Meiser
CECSA, 1997.