De donde $H = \frac{KA\,\Delta T}{x}$

"H" representa la rapidez con la cual se transfiere el calor, y la constante de proporcionalidad "K" es una propiedad del material llamada "conductividad térmica" que es una medida de la capacidad de conducir calor del material.

Si tenemos dos blocks de igual masa uno de ellos de madera [K = 0.12 J/m-s °C] y el otro de aluminio [K = 240 J/m-s °C] en equilibrio térmico a una cierta temperatura(digamos la temp. ambiental) al tomarlos uno en cada mano, nos daran impresiones de temperatura distinta esto se debe a que liberan (o absorben) distintas cantidades de energía durante un contacto térmico en virtud de su diferente conductividad térmica (temperatura aparente).

CONVECCIÓN

En la aproximación al equilibrio térmico mediante un mecanismo de conducción la energía se desplaza, el material no (o casi no). Otra forma de transferir calor es que la sustancia se desplace, que exista un movimiento relativo real de un medio material que fluye para transferir la energía de una región a otra. Esto ocurre claramente cuando un fluido tal como el aire (o el agua) está en contacto térmico con un cuerpo caliente (con una temperatura muy superio a la de su entorno).

La temperatura del fluido que está en contacto con el objeto caliente aumenta y el fluido se dilata disminuyendo su densidad (entre otras consecuencias que afectan las magnitudes físicas que lo caracterizan), ésta porción del fluido por ser menos denso que el fluido frío circundante más alejado del objeto, se eleva a causa de las fuerzas de flotación (Principio de Arquimedes), entonces el fluido más frío circundante "cae" para tomar el lugar del fluido que se eleva, repitiendose ciclicamente el proceso para establecer una circulación del fluido llamada corriente de convección. Podemos definir ahora :

Convección mecanismo mediante el cual se transfiere calor por el movimiento real de un fluidodicho movimiento ocacionado por la diferencia de densidades entre distintas regiones del fluido.

La convección es en realidad una aplicación del principio de Arquímedes que se estudió en el capítulo de mecánica de fluidos.

La convección atmosférica juega un papel muy importante en la determinación de los patrones climáticos globales y en las variaciónes del estado del tiempo. Cuando escuchamos en las noticias al experto en metereología anunciar la llegada de una onda cálida proveniente del golfo que afectará las condiciones atmosféricas de la cd. de Monterry y su área metropolitana se refiere expresamente a un fenómeno de transporte de calor por corrientes de convección. En los océanos tienen lugar grandes transferencias de energía por este mecanismo.

RADIACIÓN:

Todos sabemos que el sol es una de nuestras fuentes naturales de calor(energía), pero ¿Como se transfiere la energía del sol hasta nosotros?. Es evidente que en el espacio vacío (o casi vacío) que separa nuestra atmósfera del sol, los mecanismos previamente estudiados de conducción y convección son imposibles, además practicamente no se transfiere calor por conducción a través de la atmósfera (o se transfiere muy poco) en virtud de que el aire es uno de los peores conductores térmicos. Tampoco se transfiere por convección, pues ésta solo se inicia una vez que la tierra está caliente. La energía del sol es transportada hasta nosotros mediante ondas electromagnéticas que se transportan libremente incluso en el casi vacío del espacio intermedio entre la tierra y el sol, (las ondas electromagnéticas no requieren de un medio material para transportarse) mediante la "RADIACIÓN".

Todos los objetos emiten energía radiante en virtud de su temperatura, entre mayor sea su temperatura irradiará mayor energía al entorno. Durante la aproximación al equilibrio térmico de un objeto con su entorno, el objeto emite energía radiante al entorno, pero también absorbe energía emitida por el entorno, una vez que se ha alcanzado la temperatura de equilibrio térmico significa que la rapidez con la que el objeto emite calor por radiación es igual a la rapidez con la que lo absorbe del entorno manteniendose la temperatura constante. La tierra tiene una temperatura promedio cercana a los 300 K, esto significa que : absorbe energía radiante del sol a una rapidez igual de la que lo irradia al espacio.

La radiación es entonces, un mecanismo de transporte de calor mediante ondas electromagnéticas libres que se emiten en forma continua por un objeto en virtud de su temperatura.

Experimentalmente se ha encontrado que "la razón de la energía radiante por unidad de tiempo ($R = Q_r/t$) varía directamente con la cuarta potencia de la temperatura absoluta del cuerpo caliente", es decir, si un objeto incrementa su temperatura absoluta al doble de su valor original, entonces la velocidad con la cual emite calor por radiación se incrementara en 16 veces. Para completar el análisis de este proceso debe de considerarse además el material de que está hecho el cuerpo caliente, su forma, color y la naturaleza de su superficie, todos estos factores hacen muy difícil la comprención de la radiación térmica en términos de idéas físicas sencillas, más adelante en el capítulo de física moderna se analizará con más detalle la radiación térmica de un radiador ideal (radiador de cuerpo negro : aquel que absorbe toda la radiación que incide sobre el, y cuyo espectro de radiación térmica emitida solo depende de su temperatura y no de otros factores) cuyo estudio dió orígen a la teoría de la cuantización de la energía. (Ley de la radiación de Plank).

GAS IDEAL

Cuando se estudió la dilatación de los sólidos y los líquidos, no se hizo ninguna mención de la influencia de la presión en tal fenómeno. Esto es comprensible, pues solamente grandes cambios de presión pueden influir considerablemente en las dimensiones de sólidos y líquidos. Así pues, en general, en los casos comunes esta influencia de la presión se puede despreciar.

Sin embargo, al estudiar el comportamiento de un gas, se halla que los cambios de presión pueden producir variaciones considerables en su volumen y en su temperatura. Al estudiar experimentalmente el comportamiento de una determinada masa de gas, se encontró que tal comportamiento podía expresarse mediante relaciones matemáticas sencillas entre su presión P, su volumen V, y su temperatura T. Una vez conocidos los valores de estas cantidades (masa, presión, volumen y temperatura), la situación en la cual se encuentra un gas, queda determinada; o en otras palabras, queda definido su estado. Al producir una variación en una de esas magnitudes, se observa que, en general, las demás también se modifican, y estos nuevos valores caracterizan otro estado del gas. Decimos así que el gas sufre una transformación al pasar de un estado a otro.

Las relaciones matemáticas que se encontraron experimentalmente al estudiar el comportamiento de los gases, son válidas sólo aproximadamente para los gases que se encuentran en la naturaleza y que se denominan gases reales (O_2, H_2, N_2, aire, etc.). El gas que se comporta exactamente de acuerdo con tales relaciones se denomina gas ideal. Se observa que los gases reales sometidos a pequeñas presiones y altas temperaturas, se comportan como un gas ideal, y por lo tanto, en esas condiciones el estudio que se hará podrá ser utilizado para describir, con buena aproximación, el comportamiento de los gases reales.

Entre los primeros experimentos detallados sobre el comportamiento de los gases se cuentan los de Robert Boyle (1627- 1691). Boyle efectuó una serie de mediciones sobre "la elasticidad y el peso del aire" y encontró que una fórmula matemática sencilla podía expresar la relación entre la presión y el volumen de una cantidad fija de aire mantenida a temperatura constante. Esa relación, conocida como ley de Boyle, es

$$PV = n \times \text{constante} \quad (1)$$

en donde n es el número de moles, V es el volumen ocupado por n moles y P es la presión ejercida por el gas contra las paredes del recipiente.

La ecuación (1) afirma que a la misma temperatura y presión dos moles de aire ocuparán un volumen doble que 1 mol.

Después de algunos años del trabajo de Boyle se comprobó que la ecuación (1) se podía utilizar con cualquier gas bastante diluido (esto es a presiones bajas y a altas temperaturas) a una temperatura superior a la de su condensación y, además, que la constante de ésta ecuación era igual para todos los gases.

Este punto permaneció sin cambio aproximadamente durante un siglo. Entonces, a principios del siglo XIX, Jaques Charles (1746- 1832) y Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) descubrieron independientemente que el volumen de un gas mantenido a presión constante variaba linealmente con la temperatura, como se indica en la gráfica (ver lectura complementaria).

Aunque podemos usar distintos gases y comenzar con distintos volúmenes iniciales, una gráfica de volumen contra temperatura resultaría en una recta para cada uno, y para cada uno el cambio fraccionario en el volumen entre el punto de congelación y el punto de ebullición del agua sería el mismo, 100/273.16. Por consiguiente, si se hiciera una gráfica para estos gases, mantenidos a presiones fijas, el volumen contra la temperatura en la escala Celsius, las rectas individuales intersectarían a la ordenada, en donde se originan distintos valores del volumen a 0C, pero cada línea intersectaría la abscisa en el mismo punto, que es -273.16F128ÉC (-273°C).

Este resultado implica que si un gas ideal se enfriara a - 273°C, su volumen disminuirá hasta cero, lo que sugiere que -273°C podría ser la temperatura más baja alcanzable.Esta temperatura, que es el cero de una escala basada en el comportamiento de un gas ideal, también es el cero absoluto de la escala termodinámica, o escala Kelvin.

Después de esto tenemos dos relaciones que los gases obedecen, que son la ecuación (1) a temperatura constante,y

$$V = \text{constante} \times nT \quad (2)$$

a presión constante, en donde T es la temperatura absoluta en la escala Kelvin.

La Ley de Boyle y la Ley de Gay-Lussac se pueden combinar en una fórmula única,

$$PV = nRT \quad (3)$$

A la constante R se le conoce como la constante universal de los gases y tiene el valor, determinado experimentalmente, de

$$R = 8.31 \frac{J}{mol - K}$$

La ecuación (3) es la ecuación de estado de un gas ideal, o sea la ley del gas ideal. A veces se escribe como

$$PV = NkT \quad (4)$$

en donde N es número total de moléculas de gas en el volumen V y $k = R/N_0$ (N_0 es el número de Avogadro) se denomina constante de Boltzmann, y tiene el valor

$$k = 1.38 \times 10^{-23} \frac{J}{K}$$

Una consecuencia práctica importante de la ley del gas ideal, que el estudiante recordará de la química elemental, es que a una temperatura y presión determinadas el volumen molar es igual para todos los gases ideales. Así, mientras estos gases se aproximen en su comportamiento a los gases ideales, 2 gramos de H_2, 20 gramos de En, 44 gramos de CO_2 y 211 gramos de Rn ocupan cada uno de ellos 22.4 litros a 0°C = 273 K y 1 atm de presión, condiciones que generalmente se conocen como TPS, temperatura y presión estándar, o como condiciones normales.

ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA TEORÍA CINÉTICO MOLECULAR

Modelo Cinético de un Gas. Las leyes que hemos estudiado hasta ahora y que describen el comportamiento de los gases, se obtuvieron en forma experimental. Ahora trataremos de relacionar estas leyes con el comportamiento de las partículas que constituyen el gas, es decir, sus átomos o sus moléculas.

Fue principalmente a partir del siglo pasado que los científicos intensificaron sus estudios acerca de la estructura molecular de los gases, basándose en las suposiciones siguientes:

a) Un gas está constituido por partículas muy pequeñas: sus átomos o sus moléculas (se sabe ahora que la dimensión general de una molécula de gas es aproximadamente igual a 10^{-8} centímetros).

b) El número de moléculas existentes en determinada masa gaseosa es muy grande (como ya se sabe, en 1 mol de gas tenemos casi 6×10^{23} moléculas).

c) La distancia media entre las moléculas es mucho mayor que las dimensiones de una molécula (recuérdese que cuando un líquido se evapora, ocupa un volumen muchas veces mayor).

d) Las moléculas de un gas están en movimiento constante, y este movimiento es enteramente al azar; es decir, las moléculas se mueven en cualquier dirección, con velocidades que pueden tener valores desde cero hasta números muy grandes.

Al establecer estas hipótesis, los científicos estaban tratando de describir el comportamiento de un gas por medio del movimiento de sus moléculas, es decir, consideraban que las leyes de los gases se podrían obtener aplicando las leyes de la mecánica al movimiento de las moléculas, y tratándolas como si fuesen partículas. De esta manera, los científicos trataban de estructurar un modelo que sirviera para describir el comportamiento de un gas. Este modelo se denomina modelo cinético, en virtud de que se basa en el movimiento de las moléculas de una masa gaseosa.

Varias conclusiones obtenidas a partir de este modelo concordaban con las leyes experimentales ya conocidas, evidenciando así que los supuestos acerca de la constitución molecular de un gas, eran válidos. De este modo, fue posible usar el modelo para obtener nuevas informaciones acerca del comportamiento de los gases.

Interpretación cinética de la presión. Ya que el número de moléculas de un gas es muy grande y al estar en constante movimiento, éstas chocan continuamente contra las paredes del recipiente que contiene al gas ejerciendo presión sobre ellas. Como el número de choques es muy grande, el efecto del impacto de cada partícula es imperceptible. Lo que se observa es la frecuente sucesión de choques, que ocasiona la aparición de una fuerza continua, sin fluctuaciones, que actúa contra las paredes del recipiente. Por lo tanto, la presión que un gas ejerce sobre las paredes del recipiente que lo contiene, se debe a los incesantes y continuos choques de las moléculas del gas contra las paredes del recipiente.

Aplicando las leyes de la mecánica a los choques de las moléculas contra las paredes del recipiente, se obtuvo una expresión matemática que relaciona la presión ejercida por un gas, con las cantidades siguientes:

N: número total de moléculas en el recipiente.
V: volumen del recipiente.
m: masa de cada molécula.
$\overline{v}^2$: promedio de los cuadrados de las velocidades de las moléculas.

La expresión obtenida fue la siguiente:

$$P = \frac{1}{3}\left(\frac{N}{V}\right) m\overline{v}^2 \qquad (5)$$

Si analizamos esta expresión vemos que:

1) $P \propto N$. Este resultado es intuitivo, ya que cuanto mayor sea el número total de moléculas, tanto mayor será el número de choques contra las paredes, y por lo tanto, tanto mayor será la presión ejercida por el gas.

2) $P \propto 1/V$. En realidad, cuanto mayor sea el volumen del recipiente, tanto mayor será la distancia que tendrá que recorrer una molécula para chocar contra las paredes, y por consiguiente, más pequeño será el número de choques; es decir, la presión ejercida por el gas será menor.

3) $P \propto m$. Este resultado era de esperarse, ya que cuanto mayor sea la masa de una molécula, tanto mayor será su cantidad de movimiento, y así, más intensa será la fuerza que ejerce al chocar contra la pared del recipiente.

4) $P \propto \bar{v}^{\,2}$ En realidad, cuanto mayor sea, más rápidamente se estarán moviendo las moléculas. Es fácil observar que en estas condiciones, la fuerza que ejerce cada molécula al chocar contra la pared será mayor, y además, también será más grande el número de choques.

Interpretación cinética de la temperatura. Al estudiar la temperatura de un cuerpo se mencionó que se relaciona con la energía de agitación de los átomos y moléculas del mismo. Ahora vamos a demostrar cómo en el siglo pasado se llegó a esta conclusión, basándose en el modelo cinético de un gas.

La expresión, que se había obtenido con base en el modelo cinético, se puede escribir

$$PV = \frac{1}{3} Nm\bar{v}^{\,2} \qquad (6)$$

Comparándola con la ecuación de estado de un gas ideal, PV = NkT, que se había obtenido experimentalmente, se concluye que

$$\frac{1}{3} Nm\bar{v}^{\,2} = NkT \qquad (7)$$

$$\frac{1}{2} m\bar{v}^{\,2} = \frac{3}{2} kT \qquad (8)$$

realizando operaciones y dividiendo entre 2 ambos miembros de esta igualdad se tiene

Observemos que el primer miembro de esta expresión representa la energía cinética media de las moléculas (suma de las energías cinéticas de las mismas, dividida entre el número de ellas). De esta manera, llegamos a la expresión

$$E_c = \frac{3}{2} kT \qquad (9)$$

que indica que la energía cinética media de las moléculas de un gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta, o sea, cuanto mayor sea la energía cinética media de las moléculas, tanto mayor será la temperatura del gas. Este resultado relaciona la teoría cinética con la ecuación de estado de un gas ideal. De manera equivalente, podemos considerar a la ecuación (8) como una conexión entre una propiedad macroscópica, la temperatura, y una propiedad microscópica, la energía cinética de una molécula.

En los años 60's del siglo XIX James Clerck Maxwell partió del supuesto de que las moléculas que componían los gases tenían movimiento aleatorio y mediante agudos analisis matemáticos demostró que el movimiento aleatorio proporcionaba una explicación del comportamiento de los gases.

Además mostró como las partículas de gas moviéndose al azar al chocar con las paredes del recipiente, producían pequeños esfuerzos microscópicos que al unirse se manifiestan como una presión sobre las paredes del mismo.

Y esta presión aumentaba al comprimirse el gas debido a que las interacciones aumentaban por unidad de área al incrementarse la densidad y al dejar que se expandiera ocurre lo contrario.

Por otro lado al aumentar la temperatura del gas, las moléculas se mueven más rápido, ejerciendo una mayor interacción en los choques sobre las paredes del recipiente, traduciéndose en un incremento de presión y al disminuir la temperatura las moléculas se mueven más lento, ocacionando una disminución en la presión.

Maxwell halló una ecuación que encontraba toda una gama de velocidades que deberían tener las moléculas gaseosas a una temperatura dada.Algunas se movían más rápido y otras lento pero la mayoría tendrían una velocidad intermedia.Es decir , de entre todas las velocidades de las moléculas había una que era maximamente probable a una temperatura específica, se dió cuenta que al variar la temperatura variaba esta velocidad más probable en la misma proporción, lo anterior es aplicable tanto a sólidos como líquidos y gases ya que en los sólidos y en los líquidos la velocidad de las moléculas se comportaban como marca la ecuación de Maxwell.

Concluyendo,"La temperatura se puede interpretar como una medida de la energía cinética media de las moléculas.

La transferencia de calor tiene una explicación según la Teoría Cinética y esta ocurre como el resultado del movimiento de las moléculas.Al poner en contacto un cuerpo caliente con uno frío, las moléculas del cuerpo caliente con movimiento más rápido chocaban con las del objeto frío que se movían más lentamente, como consecuencia de ello, las moléculas rápidas perdían velocidad y las lentas se aceleraban, con lo cual fluía calor del cuerpo caliente al frío.

TERMODINÁMICA

El estudio del calor y su transformación en energía mecánica se denomina termodinámica (término que proviene del griego y significa "movimiento de calor"). La ciencia de la termodinámica fue desarrollada a principios del siglo pasado, antes de que se comprendiera la teoría atómica y molecular de la materia. Mientras que en los puntos anteriores el calor se describió en términos del comportamiento microscópico de átomos y moléculas agitados, en este punto se hace referencia sólo a nociones macroscópicas - tales como trabajo mecánico, presión y temperatura - y a sus funciones en transformaciones de energía. La termodinámica es una ciencia teórica muy poderosa que pasa por alto los detalles moleculares del sistema en