

Guía 5

LAS MÁQUINAS TÉRMICAS

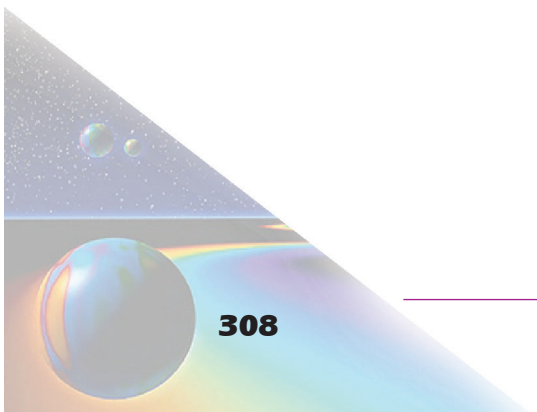


Indicadores de logros

- ✓ Identifica las características de un gas ideal.
- ✓ Diferencia y aplica las leyes de los gases y sus ecuaciones matemáticas en la solución de problemas.
- ✓ Reconoce las leyes que siguen las tres magnitudes de estado de un gas, presión, volumen y temperatura.
- ✓ Aplica los principios y leyes de la termodinámica a las máquinas térmicas.
- ✓ Resuelve correctamente problemas de aplicación a las leyes de la termodinámica.
- ✓ Interpreta y describe el comportamiento de sistemas sometidos a procesos termodinámicos.



- ✓ Incorpora a sus actividades educativas las herramientas informáticas. (**MANEJO TECNOLÓGICO**).
- ✓ Interpreta y aplica las instrucciones y maneja efectivamente los principales instrumentos y ayudas que ofrecen las tecnologías aplicables a su entorno.
- ✓ Realiza manejo preventivo y reparación básica de las herramientas usadas en sus procesos.
- ✓ Utiliza herramientas en forma adecuada, procurando su seguridad personal.



REFLEXIONEMOS ACERCA DE LA COMPETENCIA MANEJO TECNOLÓGICO

La palabra tecnología significa el estudio o ciencia de los oficios. La tecnología debe concebirse como un proceso creativo y destructivo a la vez. Pero la tecnología ha permitido incorporar en los procesos productivos muchas herramientas para mejorar la efectividad y eficiencia en el trabajo.

La competencia manejo tecnológico es muy importante para dar solución a las exigencias del mundo actual, no solo a nivel educativo sino a nivel empresarial.



Con mis compañeros de subgrupo damos solución a los siguientes interrogantes que representan diferentes fenómenos físicos dados en la naturaleza.

1. Nuestros antepasados construían ollas de barro cocido. En la actualidad se construyen de aluminio entre otros materiales. ¿Qué ventajas y desventajas tienen las ollas antiguas y las modernas? . ¿Por qué se escogió el aluminio para fabricarlas en cambio de otros metales como acero, hierro, cobre, plata, plomo, oro, etc? ¿Qué aspectos tecnológicos podemos anotar en estos cambios?
2. ¿Cree usted que abrir la puerta de la nevera en un día caluroso ayuda a enfriar la cocina? Explicar.
3. Antes de existir la calefacción central, en las noches frías de invierno la gente colocaba con frecuencia en sus camas botellas de agua caliente. ¿Por qué es mejor esto que colocar, por ejemplo, ladrillos calientes? ¿Qué tecnología se conoce hoy en día para producir calor y contrarrestar el frío?
4. ¿Por qué las papas pueden hornearse con mayor rapidez cuando se les inserta un palillo? Explicar.
5. ¿Por qué es necesario más aire acondicionado para enfriar el interior de un automóvil azul que el de un automóvil blanco del mismo tamaño?

Socializamos con el profesor las respuestas dadas.





Leo, interpreto y analizo la siguiente información acerca de las propiedades de los gases.

COMPORTAMIENTO DE LOS GASES Y LEYES DE LA TERMODINÁMICA

Se considera gas a un conjunto de partículas que no conservan ni la forma, ni el volumen.

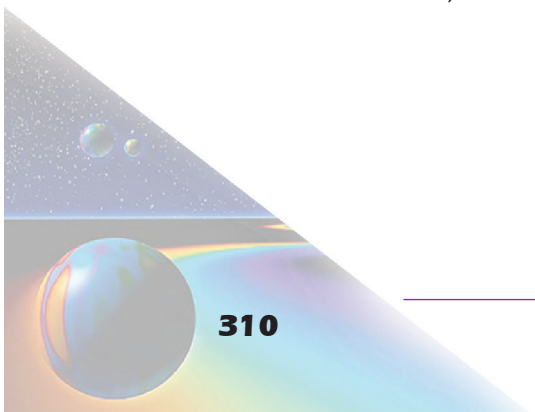
En las partículas de un gas priman los efectos de la movilidad de las moléculas sobre la atracción interna entre ellas. Es por eso que los gases tienden a ocupar el mayor volumen posible y por lo tanto a tener una densidad variable. El estudio de los gases se realiza con base en tres variables de estado, la temperatura, la presión y el volumen y a dos variables de transformación, el calor y el trabajo.

Al estudiar experimentalmente el comportamiento de una determinada masa de gas, se encontró que dicho comportamiento podría expresarse mediante relaciones matemáticas sencillas entre su presión, su volumen y su temperatura. Conocidas estas cantidades queda determinado el estado de un gas.

Al cambiar una de estas magnitudes, las otras también se modifican, es decir, el gas ha sufrido una transformación al pasar de un estado a otro.

Cuando un gas cumple las leyes experimentales anteriores, entonces el gas se llama ideal. Los gases como el oxígeno, hidrógeno, aire, etc., cuyas leyes se cumplen solo aproximadamente, se llaman gases reales.

Todas las observaciones acerca del comportamiento y características de los gases han llevado a la formulación de una serie de leyes que describen dichas observaciones, así:



1. Transformación isotérmica (Ley de Boyle-Mariotte)

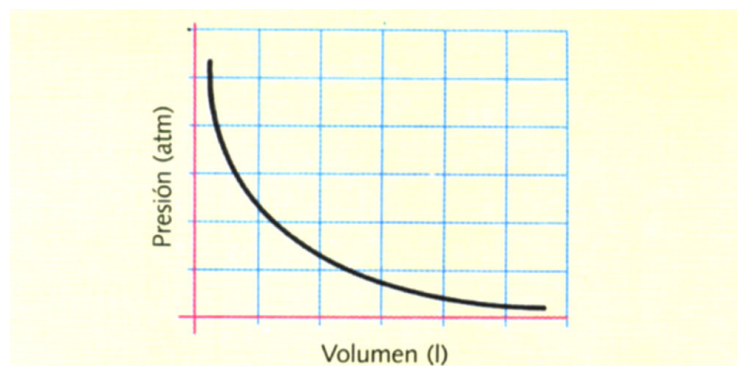
Relación entre la presión y el volumen

A temperatura constante, la presión que se ejerce sobre determinada masa de gas y el volumen que dicha masa ocupa son inversamente proporcionales entre sí, es decir, en cualquier instante, el producto de la presión del gas por su volumen es constante.

$$PV = \text{CONSTANTE}$$

La constante depende de la temperatura del gas; esto significa que: al aumentar la presión, el volumen disminuye.

Gráfica de la presión en función del volumen para un gas que se mantiene a temperatura constante.



La relación entre la presión y el volumen a temperatura constante, se conoce con el nombre de transformación Isotérmica (del griego isos = igual + termos = temperatura). Teniendo en cuenta que la masa del gas también se mantiene constante. Dicha relación se expresa con la ecuación:

Presión (atm)	3,0	2,0	1,5	1,0	0,8	0,5
Volumen (l)	8,0	12,0	16,0	24,0	30,0	48,0

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

EJEMPLOS:

1. Sabemos que la densidad de un cuerpo está dada por: $\rho, \frac{m}{v}$ para cuerpos sólidos y líquidos. En los gases sucede lo siguiente para la transformación Isotérmica:

- ❖ Al duplicar la presión (P), el volumen (V) queda dividido entre 2 y la densidad (ρ) se duplica.

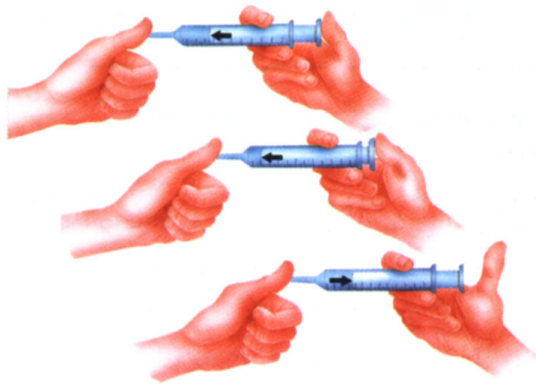


- ❖ Al triplicar la presión, el volumen queda dividido entre 3 y la densidad se triplica.
- ❖ Al reducir 2 veces la presión, el volumen queda multiplicado por 2 y la densidad se reduce dos veces, etc.

Por lo tanto: $P \propto \rho$ (Relación Directamente proporcional)

$P \propto \frac{1}{V}$ (Relación Inversamente proporcional)

$V \propto \frac{1}{\rho}$ (relación Inversamente proporcional)



El volumen que ocupa un gas depende de la presión a la que está sometido.

- Se tienen 100 litros de aire a una presión de 2 atmósferas. Calcular su volumen, a temperatura constante y a una presión de 0.5 atmósferas.

SOLUCIÓN:

$$\begin{array}{ll} V_1 = 100 \text{ litros} & P_1 = 2.0 \text{ atmósferas} \\ V_2 = ? & P_2 = 0.5 \text{ atmósferas} \end{array}$$

Con la ecuación: $P_1 V_1 = P_2 V_2$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} \Rightarrow V_2 = \frac{(2.0 \text{ atm})(100. \text{l})}{(0.5 \text{ atm})} \quad \boxed{V_2 = 400 \text{ litros}}$$

- Cuando respiramos suceden dos procesos:

- ❖ Cuando se inspira, el diafragma baja aumentando la capacidad torácica y disminuyendo la presión interna con relación a la presión atmosférica: la disminución de la presión es acompañada por un aumento de

volumen que equilibra las presiones, es decir, el proceso se da a temperatura constante.

- ❖ Cuando se expira, se presenta también un proceso isotérmico, es decir, sucede lo contrario al disminuir la capacidad torácica debido al movimiento del diafragma.

EJERCICIO PROPUESTO

Con un compañero de subgrupo, resolvemos el siguiente ejercicio y luego compartimos con nuestro profesor su solución.

Calcular cuántos cilindros de 200 litros de capacidad, en cuyo interior se mantiene una presión de 2 atmósferas, se podrían llenar con un gas, que se encuentra almacenado en un depósito de 500 m³ (1 m³ = 1000 litros) a una presión de 4 atmósferas y temperatura constante.

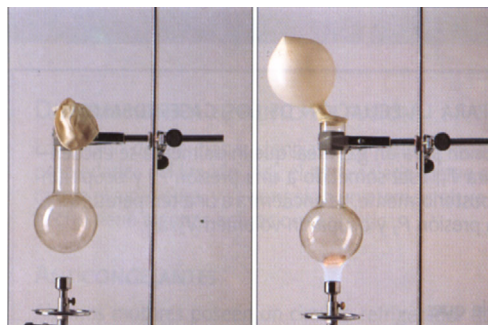
2. Transformación isobárica (Ley de Gay-Lussac)

Relación entre la temperatura y volumen

A presión constante, el volumen que ocupa determinada masa de gas y la temperatura, medida en escala absoluta (° Kelvin), a la que se encuentra el gas son directamente proporcionales entre sí, es decir, que la relación del volumen (V) a la temperatura (T) del gas es constante para cualquier instante.

$$\frac{V}{T} = \text{Constante}$$

Dicha constante depende de la presión del gas; por lo tanto al aumentar la temperatura calentando el gas, el volumen aumenta, pues sabemos que los cuerpos se dilatan cuando se calientan y en los gases es mucho mayor que en los líquidos y en los sólidos.



Cuando el aire encerrado en el matraz se calienta es capaz de inflar el globo.

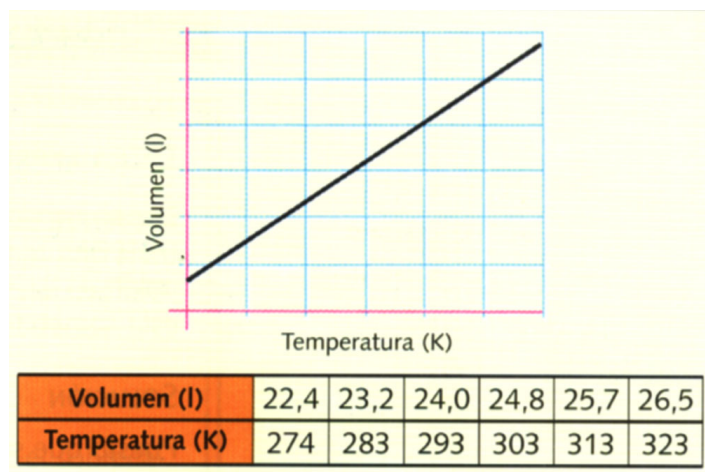


La relación entre la temperatura y el volumen a presión constante, se conoce con el nombre de transformación o proceso Isobárico (Presión Constante). Según lo anterior si una masa de gas ocupa un volumen inicial (V_1) cuando la temperatura es T_1 y luego ocupa un volumen V_2 cuando la temperatura es T_2 . Entonces:

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

$V \propto T$ (Relación directamente proporcional
Cuando el proceso sucede a presión constante).

Gráfica del volumen en función de la temperatura para un gas que se mantiene a presión constante.



EJEMPLOS:

1. Para cierta masa «m» de gas resulta que

- ❖ Al duplicar la temperatura, se duplica el volumen y la densidad (ρ) queda dividida entre 2.
 - ❖ Al cuadruplicar la temperatura, se cuadruplica el volumen y la densidad queda dividida entre 4.
 - ❖ Al disminuir 3 veces la temperatura, el volumen disminuye 3 veces y la densidad queda multiplicada por 3, etc.
2. Cuando cocinamos alimentos en olla destapada, el proceso es Isobárico, considerando la olla, independiente de cómo se eleva la temperatura, el proceso sucede a presión constante.
 3. Considerar un proceso Isobárico en la cual en el punto inicial $V = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$ y $T = 293^\circ\text{K}$.

- a. Si $T = 350^\circ\text{K}$, ¿cómo varía el volumen?
- b. Si el volumen se reduce a 0.025 m^3 , ¿cómo varía la temperatura?

SOLUCIÓN:

En un proceso Isobárico, la presión permanece constante, entonces:

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

$$\text{a. } V_2 \frac{V_1 T_2}{T_1} \Rightarrow V_2 = \frac{(0.050 \text{ m}^3)(350^\circ \text{K})}{293^\circ \text{K}}$$

$$\boxed{V_2 = 0.060 \text{ m}^3}$$

Si la temperatura aumenta, aumenta el volumen.

b. Si el volumen disminuye, la temperatura debe disminuir.

$$T_2 = \frac{V_2 * T_1}{V_1} \Rightarrow T_2 = \frac{(0.025 \text{ m}^3)(293^\circ \text{K})}{(0.050 \text{ m}^3)} \quad \boxed{T_2 = 146.5^\circ \text{K}}$$

EJERCICIO PROPUESTO

En un proceso a presión constante mediante el cual un gas pasa de un punto A donde ($P_1 = 3 * 10^5$ pascal; $V_1 = 50 * 10^{-3} \text{ m}^3$; $T_1 = 280^\circ \text{K}$) a un punto B ($P_2 = 3 * 10^5$ pascal; $V_2 = 75 * 10^{-3} \text{ m}^3$). ¿Cuál es el valor de T_2 ?

3. Ley universal de los gases (Ecuación de estado de los gases ideales)

Teniendo en cuenta que la masa de un gas se especifica por lo general dando el número de moles el cual es numéricamente igual a la masa del gas (m) dividida por la masa molecular (M) expresada en gramos.

En consecuencia:

$$\boxed{n = \frac{m}{M}}$$

Siendo:

n = número de moles de una sustancia

m = masa del gas

M = Masa molecular

EJEMPLO:

Si la masa molecular del nitrógeno es 28, entonces 60 kg. de nitrógeno serán iguales a:

$$n = \frac{60.000 \text{ g}}{28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} =$$

$$\boxed{2.14 * 10^3 \text{ moles}}$$



Si combinamos las dos leyes anteriores (Boyle y Gay Lussac) veamos:

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ (a temperatura constante)}$$

$$V \propto T \text{ (a presión constante)}$$

$$\text{Entonces: } PV = K \text{ y } \frac{V}{T} = K$$

Por lo tanto: $V = K \frac{T}{P}$

Pues el volumen es directamente proporcional a la temperatura e inversamente proporcional a la presión. De igual forma el volumen es proporcional al número de moles que contiene el gas, entonces la constante (K) debe ser por tanto proporcional al número de moles del gas, es decir $K = nR$, siendo R una constante llamada constante universal de los gases.

Finalmente se tiene: $V = nR \frac{T}{P}$; o sea $PV = nRT$ Ecuación de estado de un gas ideal.

En la ecuación anterior, para una masa de gas dada (n es constante), como R también es constante,

Entonces: $\frac{PV}{T} = \text{Constante}$

Si la masa gaseosa pasa de un estado (1), (P_1, V_1, T_1), a un estado (2) (P_2, V_2, T_2) al relacionar estos dos estados se obtiene la ecuación:

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

La constante (R) se puede calcular así

Si experimentalmente medimos en un laboratorio los valores de P, V, n, y T para un determinado estado del gas, se puede comprobar que tomando 1 mol de cualquier gas ($n = 1$), a una temperatura de 0°C (273°K) y a una presión ($P = 1.\text{atm}$) ocupará un volumen ($V = 22.4$ litros), «R» es igual a:

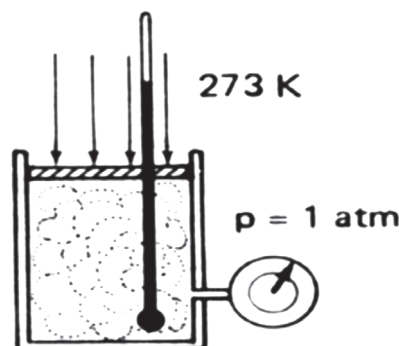
$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{(1.\text{atm})(22.4\text{l})}{(1.\text{mol})(273^\circ\text{K})} = 0.082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.}^\circ\text{K}}$$

Con los valores anteriores se dice que el gas está en condiciones normales

La Constante universal de los gases, R, se puede calcular a partir de los datos experimentales que se muestran en la figura.

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$V = 22.4 \text{ l}$$



EJEMPLOS:

1. Un recipiente de 5.0 litros contiene 2.8 gramos de nitrógeno a la temperatura de 27°C. ¿Cuál es su presión?. Se sabe que la molécula de nitrógeno contiene dos átomos y que su peso molecular es de 28 gramos.

SOLUCIÓN: En la ecuación de estado: Hallamos la presión:

$$PV = nRT \quad \text{Siendo: } V = 5.0 \text{ litros}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{2.8 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ moles}$$

$$P = \frac{nRT}{V} \Rightarrow R = 0.082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.}^\circ\text{K}}, \quad T = 27^\circ\text{C} + 273 = 300^\circ\text{K}$$

$$P = \frac{(0.1 \text{ mol})(0.082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.}^\circ\text{K}})(300^\circ\text{K})}{5.0 \text{ l}}$$

$$P = 0.49 \text{ atm}$$

2. El volumen de un gas es 5.0 litros cuando su temperatura es 27°C y su presión 1.0 atmósfera. ¿Cuál es su volumen, a la presión atmosférica, cuando su temperatura es 327°C?

SOLUCIÓN:

Siendo: $V_1 = 5.0$ litros

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

$$T_1 = 27^\circ\text{C} + 273 = 300^\circ\text{K}$$

$$T_2 = 327^\circ\text{C} + 273 = 600^\circ\text{K}$$

$$V_2 = ? \quad P_2 = 1 \text{ atm}$$



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

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 P_2} \Rightarrow \text{pero } \boxed{P_1 = P_2}$$

Por tanto: $V = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{(5.0l)(600^\circ K)}{300^\circ K} = \boxed{10 \text{ litros}}$

EJERCICIO PROPUESTO

Determinada masa de gas, ocupa un volumen de 190 litros en las condiciones ambientales de presión y temperatura en Bogotá (15°C y 560 m.m de Hg). Tenga en cuenta: 1 atm = 760.m.m de Hg.

- ¿Qué volumen ocupará esta misma cantidad de gas cuando la presión aumente a 1.0 atmósfera y la temperatura aumente a 35°C?
- Halle el número de moles y número de moléculas de gas.

4. Proceso isócoro o isométrico (Transformación o proceso a volumen constante)

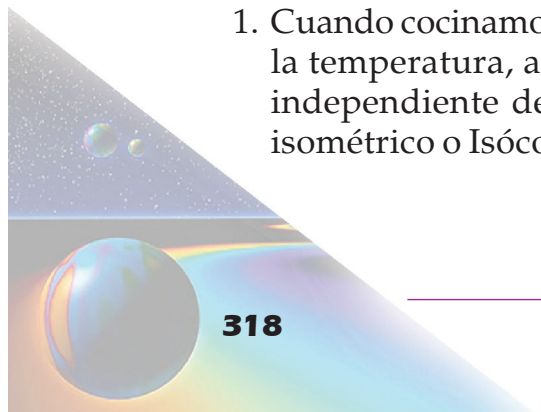
Cuando en la ecuación $PV = nRT$ al relacionar la presión y la temperatura a volumen constante entonces se obtiene:

$$\frac{P}{T} = \frac{nR}{V} = \text{Constante}$$

Es decir, $P \propto T$ (Relación directamente proporcional). Cuando el volumen constante.

EJEMPLOS:

- Cuando cocinamos en una olla a presión (herméticamente tapada) al umentar la temperatura, aumenta la presión dentro de la olla a volumen constante, independiente de cómo se eleva la temperatura. Dicho proceso se llama isométrico o Isócoro.



2. Sea un proceso Isócoro ($V = \text{constante}$). Si en un determinado instante la temperatura es de 300°K y la presión $2 \cdot 10^5$ pascal,
- ¿Cómo varía la presión si la temperatura se eleva hasta 375°K ?
 - ¿Cómo varía la temperatura si la presión se reduce a $0.5 \cdot 10^5$ pascal?

SOLUCIÓN:

Sabemos que $\frac{P}{T} = \text{constante}$ para cualquier punto en el proceso.

Para cualquier par de puntos del proceso.

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

ENTONCES:

- Si la temperatura aumenta, la presión aumenta.

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1} = \frac{(2 \cdot 10^5 \text{ Pa})(375^\circ\text{K})}{300^\circ\text{K}} \quad \boxed{P_2 = 2.5 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

- Si la presión disminuye, la temperatura debe disminuir en este caso:

$$T_2 = \frac{T_1 P_2}{P_1} = \frac{(300^\circ\text{K})(0.5 \cdot 10^5 \text{ Pa})}{(2 \cdot 10^5 \text{ Pa})} \quad \boxed{T_2 = 75^\circ\text{K}}$$

EJERCICIO PROPUESTO

La presión absoluta de una llanta inflada a una presión manométrica es de $2.7 \cdot 10^5$ pascal. Si una llanta se infla a esta presión a 12°C y suponemos que su volumen no varía al aumentar la temperatura (proceso isométrico o Isócoro). ¿Cuál será la presión a 35°C ?

5. Teoría cinética de los gases

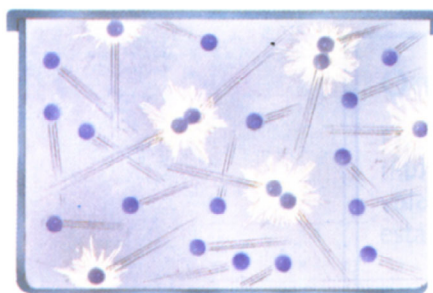
Continuemos la lectura en subgrupo y propiciamos el análisis y la discusión participativa.

Las leyes que hemos estudiado hasta ahora y que describen el comportamiento de los gases, se obtuvieron en forma experimental. En este punto trataremos de relacionar estas leyes con el comportamiento de las partículas que constituyen el gas (átomos, o moléculas).

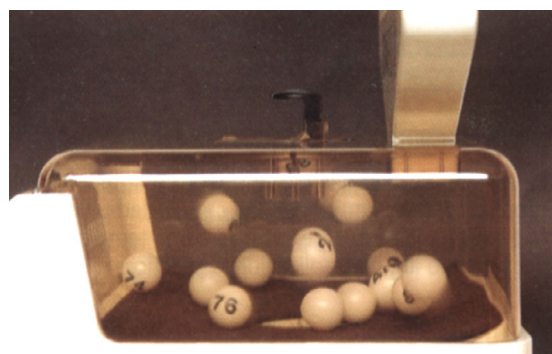


La teoría cinética es el estudio de la materia desde el punto de vista de los movimientos y de los choques entre las diferentes moléculas de una masa gaseosa. Este comportamiento de los gases se fundamenta a partir de las siguientes hipótesis:

- a. Un gas está formado de un gran número de moléculas que se mueven al azar. En sus desplazamientos, las moléculas chocan entre sí o contra las paredes del recipiente que contiene el gas (agitación térmica).



El modelo cinético de los gases



El movimiento de las bolas de bingo es similar al de las partículas que forman los gases

- b. La temperatura de un gas y su agitación térmica de las moléculas, aumentan en relación directamente proporcional, es decir, las moléculas se mueven con mayor velocidad y el espacio ocupado es mayor.
- c. La presión que ejerce el gas sobre las paredes del recipiente que lo contiene es debida a los choques de las moléculas del gas contra las paredes. Estos choques son perfectamente elásticos y de duración insignificante, es decir, que se conserva la cantidad de movimiento y la Energía cinética de las moléculas para una cantidad fija de moléculas dentro de un recipiente, la presión será tanto mayor cuanto menor sea el volumen.
- d. En los gases las fuerzas de cohesión son nulas (fuerzas electromagnéticas que tienden a mantener unidas las partículas y dan la forma de los cuerpos). Por lo tanto las partículas del gas tienen libertad de movimiento.

Hecho el análisis, construyo en mi cuaderno un mapa conceptual acerca de las leyes que rigen los gases. Resuelvo los ejercicios propuestos, con base en la información del mapa conceptual y los ejemplos resueltos. Comparto con mi profesor la actividad realizada para corregir y despejar dudas.

Continuamos el análisis de texto, con la lectura e interpretación de las leyes de la termodinámica.

6. Leyes de la termodinámica

La termodinámica estudia la transferencia de calor. El calor, como una manifestación de la Energía, se puede transformar en otras formas de ésta.

EJEMPLO:

El motor de gasolina de un automóvil funciona debido a la explosión del combustible, lo cual ocasiona que la Energía del sistema (los pistones) aumente debido al trabajo realizado sobre él aún sin que se haya suministrado calor del exterior. Toda la energía suministrada por el combustible se convierte en energía de movimiento.

De igual forma cuando un cuerpo cae, su energía potencial se transforma en energía cinética y la energía mecánica o total del sistema permanece constante.

En general unos tipos de energía pueden transformarse en otros diferentes y dicha transformación puede manifestarse mediante el trabajo o el calor.

En el automóvil el hombre ha aplicado muchas leyes y principios científicos que le han permitido un notable desarrollo tecnológico. Todo automotor debe ser cuidadosamente utilizado y mantenido para que se constituya en un objeto que contribuya al desarrollo y no en un elemento peligroso para el ser humano.

El ciclista transforma la energía de los alimentos en energía cinética.

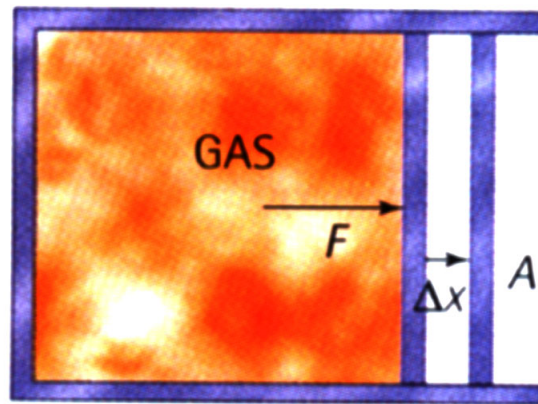


Para comprender mejor las leyes de la termodinámica tengamos en cuenta algunos conceptos fundamentales:



1. **Sistema:** es una porción de materia bien definida y que se puede considerar limitada por una superficie cerrada real o imaginaria (el gas contenido en un recipiente, cierta cantidad de líquido en una tubería, etc). La región no incluida en el sistema constituye el exterior o alrededores. Cuando el sistema no intercambia energía con el exterior, se llama sistema aislado.
2. **El equilibrio:** termodinámico de un sistema, está determinado por los valores de la presión, volumen, temperatura y cantidad de sustancia que un sistema puede tener, cuando éste está en equilibrio mecánico, térmico y químico.
3. **Transformación:** se llama transformación o proceso de un sistema a todo cambio de estado, es decir, a todo cambio en los valores de las variables que lo determinan.
4. **Trabajo efectuado por un gas:** si consideramos como sistema un gas ideal encerrado en un cilindro provisto de un émbolo o pistón, que puede desplazarse libremente y sometido a la presión atmosférica, de tal modo que el volumen puede variar.

Podemos considerar que el movimiento del émbolo no produce fricción contra la cara interna del cilindro. Cuando se aumenta la temperatura del gas, éste se expande (se dilata y ejerce una fuerza (F) sobre el pistón produciéndole un desplazamiento (ΔX), es decir, el gas ha realizado un trabajo sobre el pistón. Así:



Cuando el gas se expande realiza trabajo sobre el pistón.

$$W = F \cdot \Delta X$$

$$\text{Pero: } P = \frac{F}{A}$$

Siendo:

W = Trabajo
 F = Fuerza
 ΔX = Desplazamiento
 P = Presión del gas
 A = Área Pistón

Tenemos:

$$W = P * A * \Delta X$$

Siendo: ΔV = variación del volumen

$$\Delta V = A * \Delta X$$

Por lo tanto el trabajo realizado por el gas al sufrir una variación de volumen a presión constante es:

$$W = P * \Delta V$$

EJEMPLO:

Supongamos que un gas se expande ejerciendo presión constante $P = 2.0$ atmósferas, desde el volumen $V_1 = 200 \text{ cm}^3$ hasta el volumen $V_2 = 500 \text{ cm}^3$.
 ¿Qué trabajo realiza el gas en esta expansión?

Solución: $W = P * \Delta V$

Entonces: $W = (2.0 * 1.01 * 10^5 \frac{N}{m^2}) (3 * 10^{-4} m^3)$

$$W = 60.6 \text{ N} * \text{m} \Rightarrow W = \mathbf{60.6 \text{ julios}}$$

$$\left. \begin{array}{l}
 \Delta V = V_2 - V_1 \\
 \Delta V = 500 \text{ cm}^3 - 200 \text{ cm}^3 \\
 \Delta V = 300 \text{ cm}^3 = 3 * 10^{-4} m^3 \\
 P = 2.0 \text{ atm y cada atmósfera} \\
 \text{equivale a } 1.01 * 10^5 \text{ pascal}
 \end{array} \right\}$$

5. **Energía Interna.** Un sistema puede efectuar o recibir trabajo y también puede entregar o recibir calor del exterior; en consecuencia, trabajo y calor son los medios de transferir la energía.

La Energía Interna es la suma de la Energía Cinética y Potencial de las moléculas, es decir, la Energía Térmica asociada al objeto en virtud del movimiento de sus moléculas.

Cuando un sistema pasa de un estado inicial (i) a otro estado final (f), generalmente intercambia energía con su vecindad, (absorbe o libera calor, y efectúa o recibe trabajo). Por consiguiente, su Energía Interna sufre variaciones y pasa de un valor inicial (U_i) a otro final (U_f), es decir, la Energía Interna tiene una variación (ΔU). Por lo tanto

$$\Delta U = U_f - U_i$$



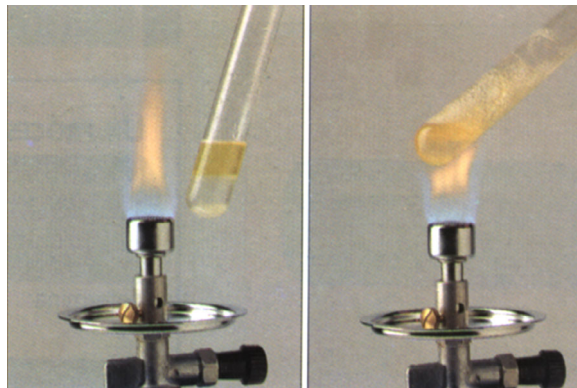
Respecto a la Energía Interna de un objeto

- ❖ Podemos aumentarla golpeándolo por ejemplo con un martillo, frotándolo con otro o deformándolo.



La energía interna de la puntilla aumenta debido a los golpes del martillo.

- ❖ Podemos aumentarla sometiéndolo a que reciba calor en contacto con un objeto más caliente.



El suministro de calor aumenta la energía térmica.

- ❖ El trabajo (W) hecho por el sistema se considera positivo, mientras que el trabajo hecho sobre el sistema es negativo.
- ❖ El calor (Q) que recibe el sistema se considera positivo, mientras que el calor entregado al exterior es negativo.

6. Primera Ley de la Termodinámica: (Conservación de la Energía)

Cuando cierta cantidad de calor (Q) es absorbida ($Q = +$), o cedida ($Q = -$) por un sistema y un trabajo (W) es realizado por dicho sistema ($W = +$) o sobre él ($W = -$) la variación de la Energía Interna (ΔU), del sistema, está dada por:

$$\Delta U = Q - W$$

Esta ley corresponde al principio de la conservación de la energía aplicado a un sistema.

Según lo anterior es importante tener en cuenta que:

- ❖ Tanto «Q» como «W» se deben expresar en julios o en calorías.
- ❖ En un sistema aislado (no hay intercambio de energía con el exterior) para cualquier proceso en el interior del sistema, si $Q = 0$, $W = 0$, es decir, $\Delta U = 0$, ya que la Energía Interna es constante.

EJEMPLO:

Supongamos que un sistema pasa de un estado a otro, intercambiando energía con su vecindad. Calcular la variación de energía interna del sistema en los siguientes casos:

- a. El sistema absorbe 100 cal y realiza un trabajo de 200 julios.

$$\text{Entonces: } \Delta U = Q - W$$

$$\begin{aligned} \text{Siendo } Q &= 100 \text{ cal (18 julios)} \\ 1 \text{ cal} &= 4.18 \text{ julios} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En este caso: } Q &= + (\text{calor absorbido por el sistema}) \\ W &= + (\text{Trabajo realizado por el sistema}) \end{aligned}$$

Por tanto: $\Delta U = 418 - 200 = \mathbf{218 \text{ julios}}$, es decir, la Energía Interna del sistema aumentó en 218 julios.

- b. El sistema absorbe 100 cal y sobre él se realiza un trabajo de 200 julios.

$$\begin{aligned} \text{En este caso: } Q &= 100 \text{ cal} = 418 \text{ julios (positivo)} \\ W &= -200 \text{ julios (trabajo realizado sobre el sistema)} \\ \Delta U &= Q - W = 418 - (-200) \\ \Delta U &= 418 + 200 \end{aligned}$$

$\Delta U = \mathbf{618 \text{ julios}}$, es decir, la Energía Interna experimentó un incremento de 618 julios.



- c. El sistema libera 100 cal de calor a la vecindad y sobre él se realiza un trabajo de 200 julios.

En este caso: $Q = -100 \text{ cal} (-418 \text{ jul})$

$$W = -200 \text{ jul}$$

Entonces:

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = -418 - (-200)$$

$$\Delta U = -418 + 200 = \boxed{-218 \text{ jul}}$$
, es decir, la Energía Interna disminuye en 218 julios.

EJERCICIO PROPUESTO

Muchos electrodomésticos y aparatos que utiliza el hombre en la cotidianidad funcionan con un motor eléctrico. Es nuestra responsabilidad conocer las normas mínimas para su correcto funcionamiento a la vez que identificar los problemas o daños más comunes para mantenerlos en óptimas condiciones.

Un motor eléctrico realiza un trabajo de 750 julios cada segundo y está conectado a una batería.

Al funcionar, el motor cede 60 julios cada segundo en forma de calor al ambiente. ¿Cuál es el cambio de Energía Interna del sistema formado por la batería y el motor en cada segundo?

7. Aplicaciones de la Primera Ley de la Termodinámica

Conocida la Primera Ley de la termodinámica, vemos las aplicaciones importantes en algunas situaciones particulares, para mayor información acerca de la Energía interna de un sistema.

- ❖ **Proceso Cíclico:** es cuando un sistema, por una serie de procesos, vuelve a su estado inicial, es decir:

$U_1 = U_2$ y $Q = W$. El calor recibido por el sistema se ha transformado en trabajo, o viceversa.

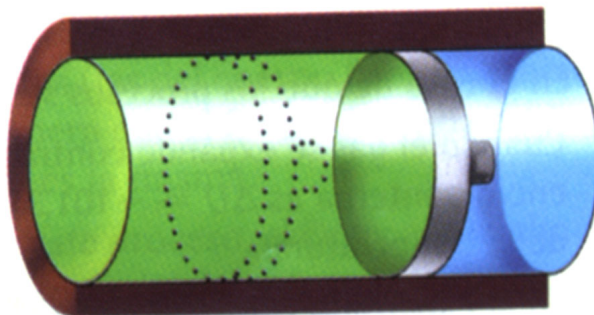
- ❖ **Proceso Adiabático:** es cuando un sistema no gana ni pierde calor, es decir $Q = 0$.

En consecuencia sí $\Delta U = Q - W$ y $Q = 0$

Entonces:

$$\boxed{\Delta U = -W}$$

En este proceso, la variación de la energía Interna del sistema se debe sólo al trabajo realizado por el sistema o sobre el sistema.



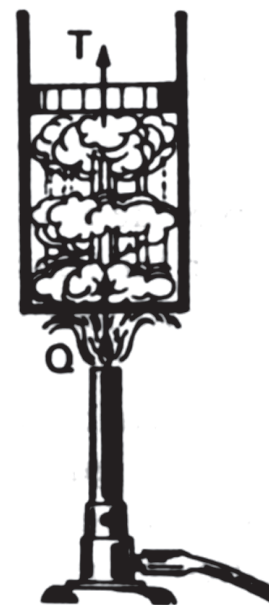
Proceso adiabático: no hay transferencia de calor

- ❖ **Proceso Isotérmico:** es un proceso a temperatura constante. Ocurre cuando en un sistema, por ejemplo un gas dentro de un cilindro, se le suministra calor y se producen cambios en la presión y el volumen, sin variar la temperatura.

En este caso. $Q = W$ Entonces. $\Delta U = 0$

TEMPERATURA
CONSTANTE

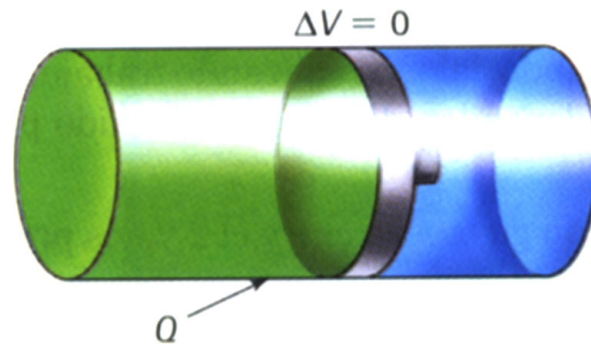
Cuando un gas se expande isotérmicamente, el trabajo que realiza es igual al calor que absorbe.



- ❖ **Proceso Isócoro o Isométrico:** es un proceso a volumen constante, es decir que se puede suministrar calor a un sistema, sin que haya variación en el volumen, y en consecuencia el trabajo es cero. ($W = 0$). En este proceso el calor que se suministra al sistema se emplea en aumentar su energía interna. De acuerdo a la Primera Ley de la Termodinámica. $\Delta U = Q - W$ Pero: $W = 0$

Entonces: $\Delta U = Q$

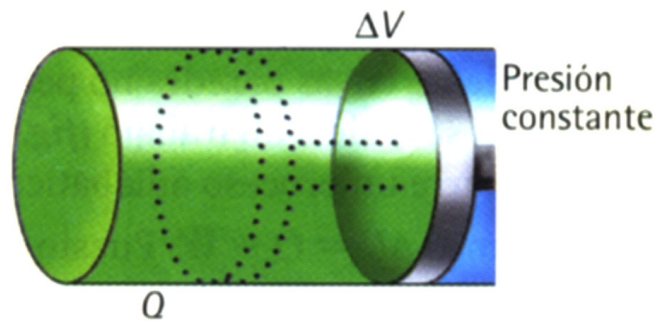
Todo el calor absorbido por el sistema se convierte en Energía interna.



Proceso isométrico: no hay variación en el volumen.

❖ **Proceso Isobárico:** es un proceso que ocurre a presión constante.

En este proceso tanto el calor como el trabajo contribuyen a la variación de energía interna.



Proceso isobárico: no hay variación en la presión.

EJEMPLO:

1. Se considera un gas cuya energía interna aumentó 100 jul cuando pasó del estado A al estado B. Si el proceso del estado A al estado B se hizo a volumen constante, ¿qué trabajo realiza el gas?

SOLUCIÓN:

Si el volumen es constante, el gas no realiza trabajo.

2. Si el proceso del estado A al estado B se hizo a volumen constante. ¿Qué calor se suministra al gas?

SOLUCIÓN:

Por la primera ley y como: $W = 0$ Tenemos $U_B - U_A = Q - W$ **100=Q**

3. Si el proceso de A a B es adiabático (proceso en donde no hay intercambio de calor con el exterior), ¿qué trabajo realiza el gas?

SOLUCIÓN:

Aquí $Q = 0$ y por la primera ley tenemos:

$$U_B - U_A = Q - W \quad 100 = 0 - W \quad W = -100 \text{ jul.} \quad (\text{Es una compresión})$$

4. Si el proceso de A a B se hace a presión constante de 30 nt/m^2 y el gas aumenta su volumen 2 m^3 , ¿qué trabajo realizó el gas?

SOLUCIÓN:

El trabajo es: $W = p (V_f - V_i) = 30 (2) = 60 \text{ jul.}$

5. ¿Qué calor se suministra al gas?

SOLUCIÓN:

Por la primera ley tenemos: $U_B - U_A = Q - W$ $100 = Q - 60$ **Q=160 jul**

EJERCICIO PROPUESTO

Se considera un gas en el estado **a**, con una presión de $3 \cdot 10^5 \text{ nt/m}^2$ y un volumen de 2 litros. El gas recibe 1000 julios de calor y pasa desde **a** hasta **b** a volumen constante, hasta duplicar su presión; después recibe 2000 julios de calor, a presión constante, hasta duplicar su volumen y pasa desde **b** hasta **c**; después cede al ambiente 1200 julios de calor a volumen constante, hasta que la presión regresa a su valor original y pasa de **c** a **d**; y finalmente a presión constante, regresa a su estado inicial. Representar los diferentes procesos en un diagrama **p - v** y calcular el trabajo neto hecho por el gas.

8. Segunda ley de la Termodinámica

«Es posible construir una máquina que, si opera continuamente, no produzca otro efecto que la extracción de calor de una fuente y la realización de una cantidad equivalente de trabajo».



Este principio es aplicable a diferentes sistemas como el motor de gasolina, un motor de propulsión, una máquina de vapor, el cuerpo humano, un refrigerador, etc.

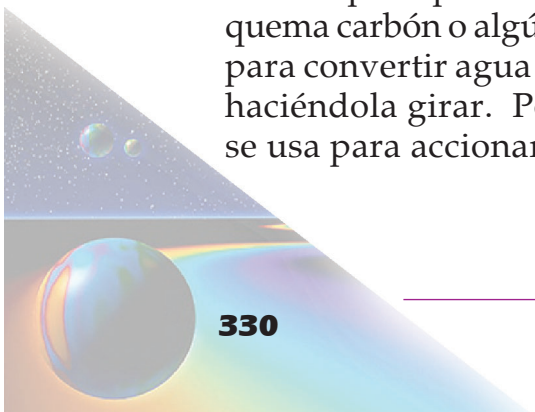
En la primera ley de la termodinámica se habló de la conservación de la Energía, incluyendo el calor como una forma de transferencia de energía. La Energía Interna (Térmica) de un cuerpo puede incrementarse ya sea agregándole calor o efectuando trabajo sobre él.

La Segunda Ley de la Termodinámica establece cuáles procesos pueden ocurrir y cuáles no en la naturaleza. Los siguientes son ejemplos de procesos que son consistentes con la **Primera Ley** pero proceden en un orden gobernado por la **Segunda Ley**.

- ❖ Cuando dos objetos a diferentes temperaturas se ponen en contacto térmico entre sí, la energía térmica siempre fluye del objeto más caliente al más frío, nunca del más frío al más caliente.
- ❖ Una bola de hule que se deja caer al suelo rebota varias veces y finalmente queda en reposo, pero una bola que se encuentra en el suelo nunca empieza a rebotar por sí sola.
- ❖ Debido a los choques con las moléculas de aire y la fricción, un péndulo oscilante finalmente se detiene en el punto de suspensión. La energía mecánica se convierte en energía térmica: la transformación inversa de energía nunca ocurre. Todos estos procesos son irreversibles, es decir, ocurren de manera natural en una sola dirección. La Segunda Ley de la termodinámica señala que no puede construirse una máquina capaz de convertirse de modo continuo y completamente energía térmica en otras formas de energía en un proceso cíclico.

9. Las Máquinas Térmicas (2ª Ley de la Termodinámica)

Una máquina térmica es un dispositivo que convierte energía térmica (calórica) en otras formas útiles, como la energía mecánica y eléctrica. En un proceso común para producir electricidad en una central eléctrica, por ejemplo, se quema carbón o algún otro combustible y la energía térmica producida se utiliza para convertir agua en vapor. Este vapor se dirige a los álabes de una turbina, haciéndola girar. Por último, la energía mecánica asociada con esta rotación se usa para accionar un generador eléctrico. Otra máquina térmica, el motor



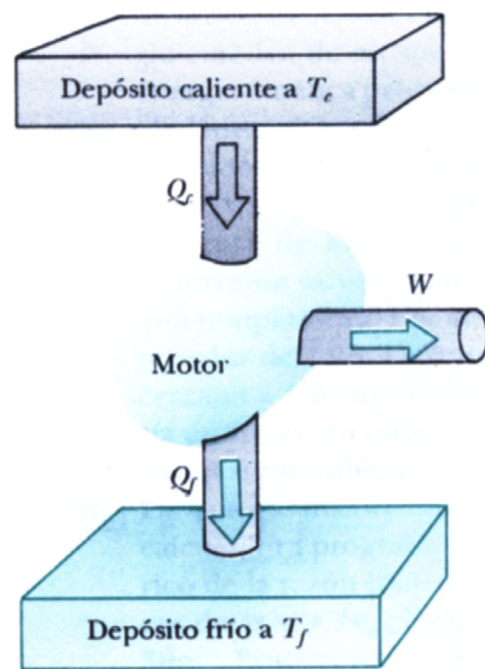
de combustión interna de un automóvil, extrae energía térmica de un combustible que se quema y convierte una fracción de esta energía en Energía Mecánica.

Una máquina térmica lleva cierta sustancia de trabajo a través de un proceso cíclico durante el cual:

- ❖ La energía térmica se absorbe de una fuente a alta temperatura.
- ❖ La máquina realiza trabajo.
- ❖ La máquina expulsa la energía térmica a una fuente de menor temperatura.

EJEMPLO:

En una máquina de vapor en la cual la sustancia de trabajo es el agua. El agua se lleva a través de un ciclo en el que primero se evapora en una caldera y después se expande contra un émbolo. Luego de que el vapor se condensa con el agua de enfriamiento, el agua líquida que se produce se devuelve a la caldera y el proceso se repite.



Representación esquemática de una máquina térmica. La máquina absorbe energía térmica Q_c de un depósito caliente, libera la energía térmica Q_f al depósito frío y efectúa el trabajo W .

La eficiencia de una máquina térmica se define como el cociente del trabajo neto realizado a la energía térmica absorbida a una temperatura más alta durante un ciclo.

$$E = \frac{W}{Q_c} = \frac{Q_c - Q_f}{Q_c}$$

Siendo:

E = Eficiencia o rendimiento

W = Trabajo

Q_c = Calor depósito caliente

Q_f = Calor depósito frío

Según lo anterior la eficiencia se puede definir como la razón o el cociente entre lo que usted obtiene (trabajo mecánico) y lo que usted da (energía térmica a la temperatura más alta).

EJEMPLO:

Encuentre la eficiencia de una máquina que introduce 2.000 julios de calor durante la fase de combustión, y pierde 1.500 julios en el escape.

SOLUCIÓN:

$$Q_c = 2000 \text{ julios}$$

$$Q_f = 1500 \text{ julios}$$

$$E = \frac{Q_c - Q_f}{Q_c} = \frac{2000 - 1500}{2000} = \boxed{0.25}$$

Es decir, una eficiencia del $\boxed{25\%}$

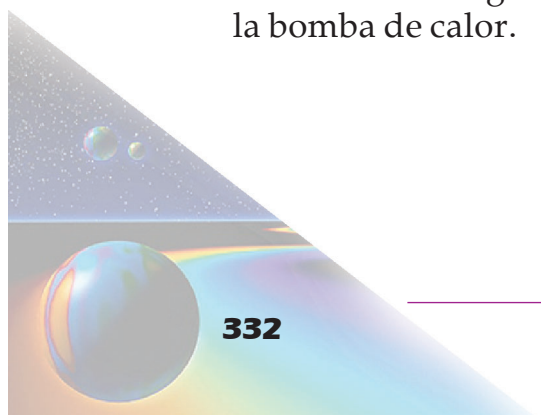
10. Refrigeradores y Bombas de Calor

Los refrigeradores y las bombas de calor son máquinas térmicas que operan a la inversa. La máquina absorbe energía térmica (Q_f) del depósito frío y entrega energía térmica al depósito caliente. Esto puede lograrse sólo si se hace trabajo sobre el refrigerador.

Una bomba de calor transporta energía térmica de una región a baja temperatura a otra región a una temperatura mayor.

Estas bombas de calor han sido populares para enfriamiento y para fines de calefacción.

El refrigerador trabaja en forma muy similar a una bomba de calor; enfría su interior bombeando energía térmica desde los compartimientos de almacenamiento de alimentos hacia el exterior más caliente. Durante su operación, un refrigerador elimina una cantidad de energía térmica (Q_f) del interior del refrigerador, y en el proceso su motor realiza trabajo igual que en la bomba de calor.

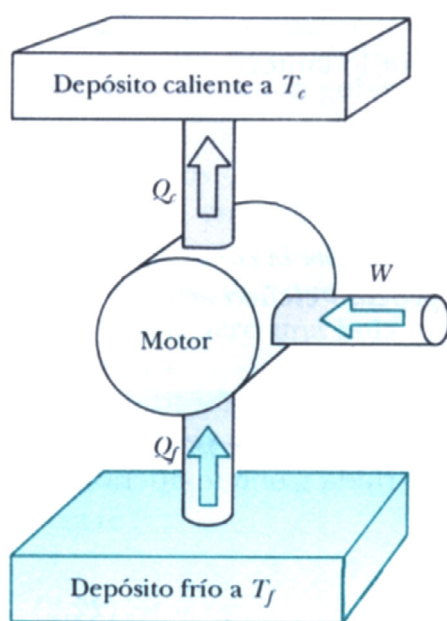


El coeficiente de rendimiento de un refrigerador o de una bomba de calor se define en términos de Q_f :

$$CDR = \frac{Q_f}{W}$$

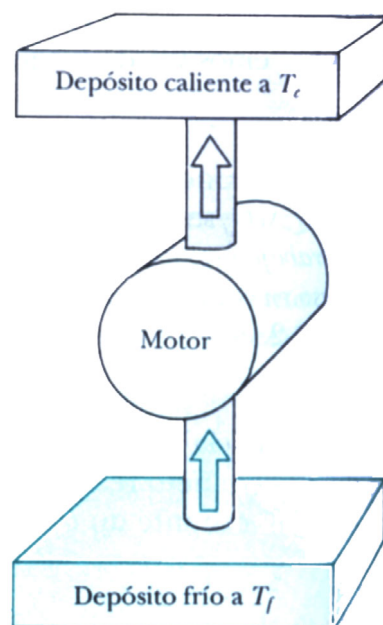
Siendo:
 CDR : Coeficiente de rendimiento de un refrigerador
 Q_f = Calor fuente o depósito frío
 W = Trabajo

Un refrigerador eficiente elimina la mayor cantidad de energía térmica del depósito frío con la menor cantidad de calor.



Refrigerador

Diagrama esquemático de un refrigerador, el cual absorbe energía térmica Q_f de un depósito frío y expulsa energía térmica Q_c al depósito caliente. Se efectúa trabajo W sobre el refrigerador.



Refrigerador imposible

Diagrama esquemático del refrigerador imposible, es decir, uno que absorbe energía térmica Q_f de un depósito frío y expulsa una cantidad equivalente de energía hacia el depósito caliente con $W=0$.

11. La Máquina de Carnot

En 1824 un ingeniero francés llamado Sadi Carnot, descubrió una máquina teórica, conocida ahora como Máquina de Carnot. Demostró que:

- ❖ Todas las máquinas reversibles tienen el mismo rendimiento.
- ❖ Este rendimiento es máximo.
- ❖ La razón de los calores cedidos y absorbidos es igual a la razón de las temperaturas de los focos, es decir:

$$\frac{Q_f}{Q_c} = \frac{T_c}{T_f}$$

Siendo:

Q_f = Calor fuente fría

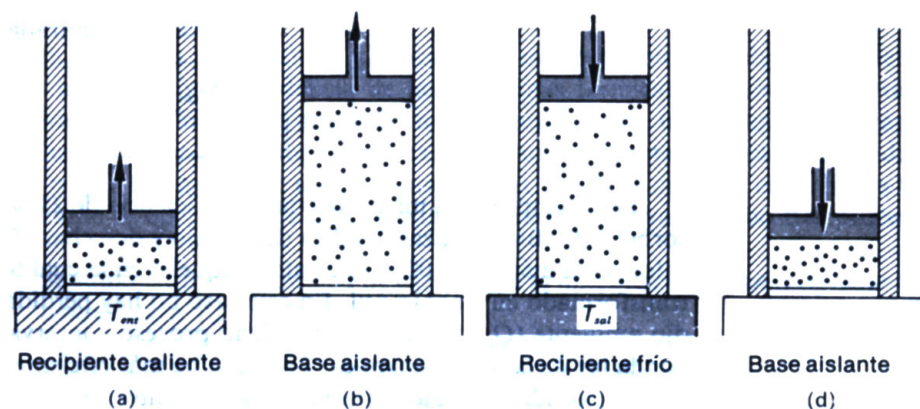
Q_c = Calor fuente caliente

T_f = Temperatura fuente o depósito frío

T_c = Temperatura fuente o depósito caliente

El rendimiento o eficiencia de una máquina de Carnot está dada por:

$$E = \frac{T_c - T_f}{T_c}$$



Ciclo de Carnot: a) expansión isotérmica, b) expansión adiabática, c) compresión isotérmica, d) compresión adiabática.

EJEMPLO:

La eficiencia teórica más alta de un motor de gasolina basado en el ciclo de Carnot, es 30%. Si este motor expulsa gases a la atmósfera, la cual tiene una temperatura de 300°K, ¿Cuál es la temperatura en el cilindro inmediatamente después de la combustión?

SOLUCIÓN:

Datos: $E = 30\%$ $T_f = 300^\circ\text{K}$ $T_c = ?$

En la ecuación: $E = \frac{T_c - T_f}{T_c} \Rightarrow E = 1 - \frac{T_f}{T_c}$

Despejando T_c se obtiene:

$$T_c = \frac{T_f}{1-E} = \frac{300^\circ K}{1-0.30} = \boxed{429^\circ K}$$

EJERCICIO PROPUESTO

Si en el problema anterior, la máquina absorbe 837 julios de calor del depósito caliente durante el ciclo, ¿cuánto trabajo puede efectuar en cada ciclo?

12. La Entropía: (S)

Es una medida del estado de desorden o agitación de las moléculas de un cuerpo. Cuanto mayor sea el desorden molecular, mayor es la entropía del cuerpo. Los gases tienen mayor entropía que los sólidos, pues sus moléculas se encuentran muy desorganizadas.

Si un cuerpo absorbe calor (Q) manteniéndose a la temperatura (T), experimenta un aumento de entropía (ΔS) dado por la expresión:

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

Por tanto:

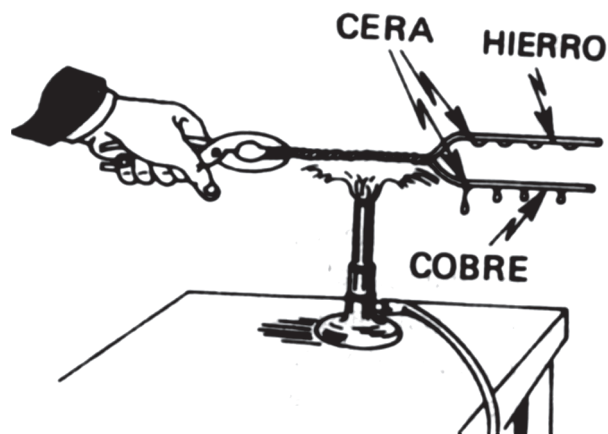
La Entropía de un sistema aislado y cerrado no puede disminuir y por lo tanto, sólo son posibles aquellos procesos en los que la entropía aumenta o permanece igual.

Con la asesoría del profesor consigno en mi cuaderno la solución a los ejercicios propuestos, tomando como base los ejemplos resueltos.

Ahora experimentemos

1. Con este experimento se podrá comprobar que algunos metales son mejores conductores de calor que otros.

Para ello, tome dos alambres, de igual diámetro y hechos de diferente metal; por ejemplo, uno de cobre y otro de hierro. Enrolle ambos alambres por uno de sus extremos, como muestra la figura. Coloque pequeños trozos de cera (o parafina) a lo largo de los extremos libres de los alambres de hierro y cobre.

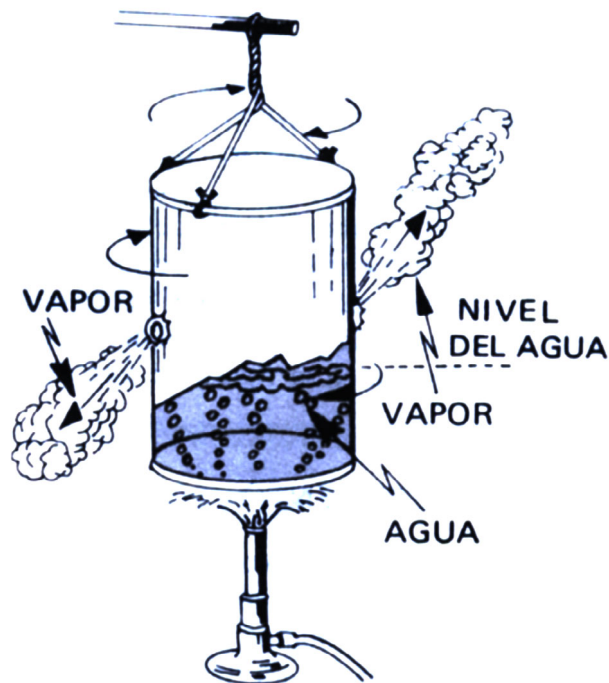


Caliente con una flama la parte enrollada de ambos alambres. El calor se transmitirá, por conducción, a lo largo de los hilos metálicos, produciendo la fusión de la cera.

Observando el derretimiento de los pedazos de cera, diga cuál de los dos metales es mejor conductor de calor.

- Como vimos, el calor es una forma de energía, y por lo tanto, es posible transformarlo en energía mecánica. Los dispositivos que efectúan esta transformación, haciendo posible la realización de trabajo a partir del calor, se denominan máquinas térmicas. La primera fue construida en el siglo I de nuestra era por el científico griego Herón, en la ciudad de Alejandría. En este experimento, usted podrá construir y hacer funcionar un modelo rústico de la turbina de Herón.

Tome una lata cilíndrica (de cerveza o refresco) que contenga un poco de agua. Haga dos orificios oblicuos en su pared lateral, de manera que cuando el agua entre en ebullición, el vapor formado salga por dichos orificios en chorros de sentidos contrarios y tangentes a la pared de la lata.



Tape cuidadosamente esta vasija para que el vapor sólo pueda escapar por los orificios. Cuélguela, por medio de cordones, en la forma que se observa en la figura. Caliente el agua con una flama y observe el movimiento que adquiere la lata conforme sale el vapor. ¿En qué sentido gira? Explique este movimiento recordando la tercera ley de Newton.



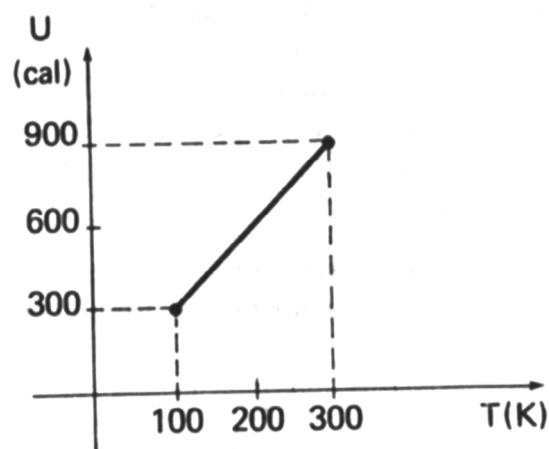
APLICACIÓN

A continuación se plantean una serie de situaciones, en las que se aplican principios, leyes y postulados relacionados con los gases y las máquinas térmicas.

Mediante el uso de la calculadora doy solución en mi cuaderno a los siguientes problemas. Comparto con mi profesor los resultados obtenidos.

- Algunos anuncios comerciales de refrigeradores suelen pregonar las ventajas de estos productos, y se dicen cosas como: «Nuestro refrigerador no deja entrar el calor, ni deja escapar el frío». En esta afirmación hay un error conceptual de física. ¿Cuál es?
- El gráfico de este problema muestra cómo la energía interna de 1 mol de gas helio, mantenido a volumen constante, varía con su temperatura absoluta.

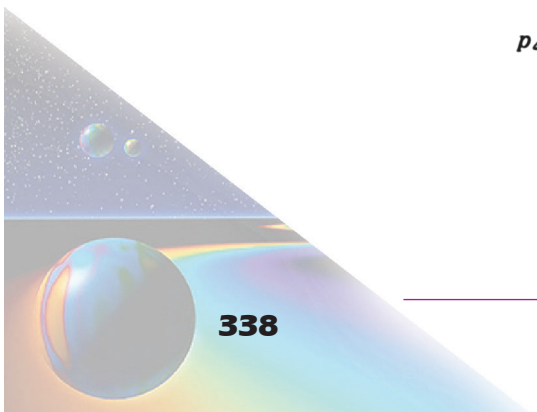
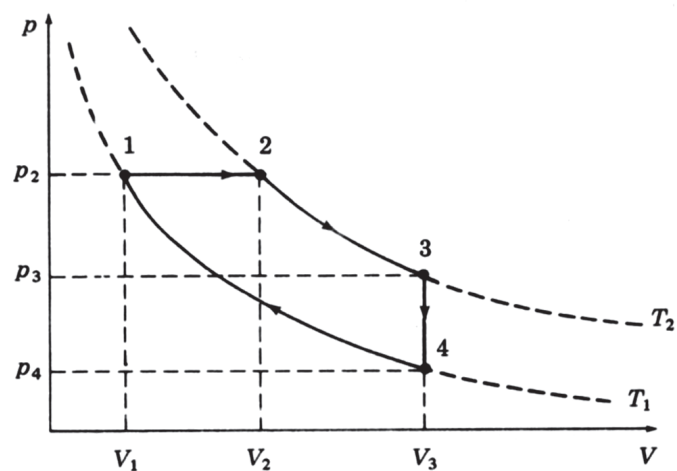
- ¿Cuál es el valor de ΔU en el intervalo de temperatura que se muestra?
- ¿Qué trabajo realiza el helio en esta transformación?
- ¿Qué cantidad de calor absorbió el gas?
Calcule, entonces, el calor específico a volumen constante del helio (recuerde que la masa de 1 mol de este gas es de 4 g)



- Un automóvil que se desplaza con una velocidad de 20 m/s frena y queda en reposo. ¿Qué cantidad de calor generan los frenos? Considere que la masa del automóvil es de 900 kg.



4. Represente las siguientes transformaciones en un gráfico de presión contra volumen.
 - a. 12 litros de aire se comprimen isotérmicamente hasta un volumen de 4 litros. Luego se dejan expandir isobáricamente hasta obtener su volumen original.
 - b. 24 litros de gas se expanden adiabáticamente hasta un volumen de 30 litros; luego isotérmicamente continúa la expansión hasta obtener un volumen de 40 litros.
5. ¿Por qué dentro de las instrucciones para el buen manejo de una nevera se recomienda no abrir la puerta durante largos períodos de tiempo?
6. Una máquina de Carnot cuyo depósito frío está a 10°C tiene un rendimiento del 40%. ¿Cuál es la temperatura del foco caliente, si se desea aumentar al 50% la eficiencia de la máquina? ¿En cuántos grados se debe reducir la temperatura del foco caliente?
7. En un comercial de televisión se ofrece para la venta un nuevo modelo de motor a vapor que funciona entre un foco caliente de temperatura 200°C y que cede calor al foco frío que está a 50°C . El gancho promocional para la venta de dicho motor es que éste tiene una eficiencia térmica del 80 por ciento. ¿Lo compraría usted? ¿Por qué?
8. En la figura se muestra un proceso cíclico; es decir, que comienza y termina en el mismo punto (1). Determine el tipo de proceso y el cambio en las variables para los procesos (a) 1 a 2; (b) 2 a 3; (c) 3 a 4; (d) 4 a 1.



9. Redacto algunas instrucciones (4) para el manejo adecuado y la seguridad personal de algunos dispositivos térmicos como: Olla a presión, termo, nevera o refrigerador. Socializo dichas instrucciones con mis compañeros y presencia del profesor con el fin de establecer la claridad de las mismas.



¿DESEA SABER MÁS?

Veamos la aplicación práctica de la termodinámica, para lo cual contestamos en el cuaderno en qué consisten los procesos termodinámicos que se presentan en: motores térmicos, máquinas de vapor, motor de turbinas, motor de explosión, motor diesel y tipos de congeladores, mediante un trabajo de consulta en los libros de física del CRA, en Internet o en la Enciclopedia ENCARTA.

Realizamos una plenaria con asesoría del profesor para compartir los conocimientos adquiridos.



ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LA GUÍA

