

Plan de contingencia Pedagógica Para 6to Año
Incluye Bibliografía y Ejercicios de Repaso



Instrucciones: Leer el material propuesto en las partes 4 y 5 y luego tratar de resolver las actividades que se proponen en la parte 6.

Ante cualquier duda consultar al siguiente mail: hugowojczys@yahoo.com.ar

Las máquinas térmicas

Una **máquina térmica** es un dispositivo capaz de transformar de manera cíclica parte del calor que recibe en trabajo mecánico. Para este fin, una máquina térmica requiere una fuente a alta temperatura, de la cual absorbe energía en forma de calor Q_1 , y un depósito a baja temperatura al cual entrega la energía restante Q_2 luego de transformar el calor en trabajo. De esta forma, el trabajo realizado por la máquina es $W = Q_1 - Q_2$.

Por ejemplo, los motores de combustión interna que utilizan la gran mayoría de los automóviles son máquinas térmicas que usan como combustible principalmente nafta o gasoil.

El principio de funcionamiento de los motores que utilizan nafta como combustible es el siguiente.

Una mezcla de aire y vapores de nafta (que se produce en una cámara de combustión) se enciende como producto de una chispa a muy alta temperatura. El calor que se genera se transmite al cilindro (el motor puede tener varios cilindros), que es un recipiente en el cual se desplaza un pistón. El pistón tiene forma de vaso invertido y está unido a la biela mediante un bulón. La biela está unida a un eje llamado cigüeñal que transmite el movimiento lineal de la biela en un movimiento rotatorio. Este dispositivo se cierra herméticamente mediante algunos segmentos o aros en su parte superior.

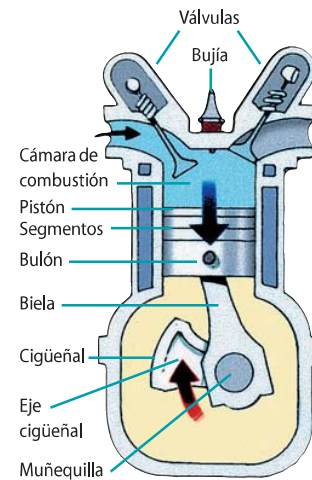
La mezcla de combustible y aire caliente se expande y empuja el pistón, así transforma su energía interna en mecánica.

Los motores tienen, además, válvulas de admisión y escape que permiten el ingreso del combustible y el egreso de los gases luego de la combustión. Los movimientos de apertura y cierre de las válvulas están controlados por un sistema mecánico sincronizado.

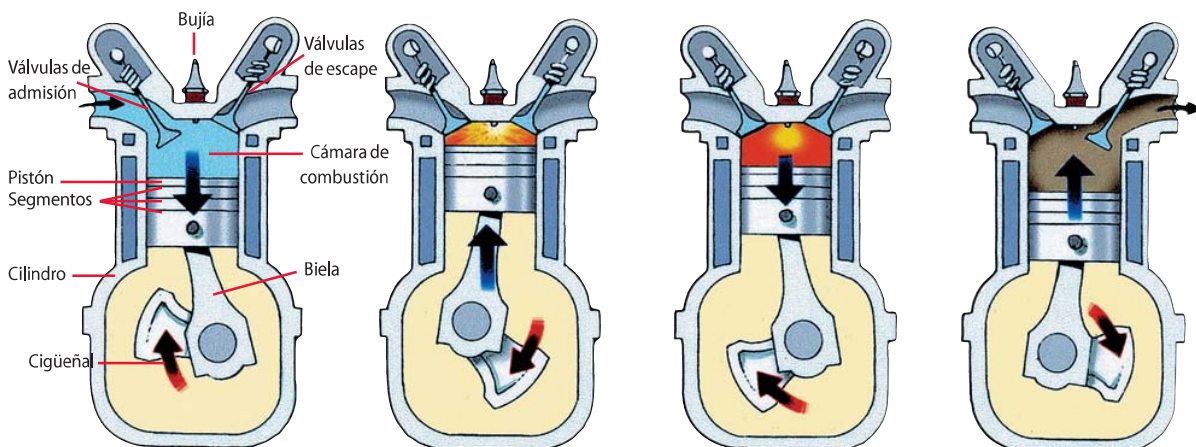
Para obtener energía mecánica en forma continua, el motor debe volver a su condición inicial, para lo cual expulsa la mezcla caliente y renueva el aire que utiliza. El pistón regresa a la parte superior del cilindro. Este proceso se repite cíclicamente.

No todo el calor que recibe este sistema se convierte en trabajo mecánico. Los gases eliminados calientan el aire exterior y se libera también calor del motor al medio.

Todas las máquinas térmicas liberan calor. Según el Primer Principio de la Termodinámica, la energía total intercambiada por el sistema y el medio es igual a la suma de la energía mecánica producida y el calor liberado.



Partes de un motor de combustión interna.



Los cuatro tiempos de un motor de explosión interna.

Segundo principio de la termodinámica

Cuando dos cuerpos que están a distintas temperaturas se ponen en contacto térmico, la energía pasa en forma de calor espontáneamente desde los cuerpos a mayor temperatura hacia los de menor temperatura.

Si, por ejemplo, en invierno se coloca un vaso de agua caliente sobre una mesa, el calor se transmite desde el agua hacia el aire, de forma tal que el agua se enfría y el aire se calienta. Nunca se ha observado el proceso inverso; esto es, que el agua se caliente y el aire se enfríe aún más.

Muchos hechos y fenómenos de la vida diaria ocurren de manera natural en un sentido y, si sucedieran en forma contraria, sin duda asombrarían. Nadie se asombra si al tomar una cuchara metálica y colocarla en contacto con la llama de una cocina encendida, el calor se propaga hasta el otro extremo de la cuchara en contacto con la mano. Sin embargo, llamaría mucho la atención si al tocarla se sintiera frío. Del mismo modo, el aire caliente que libera una estufa tiende a expandirse. Sería raro que el gas se concentrara en un volumen reducido cercano a la estufa.

Si estos fenómenos ocurrieran así, no se contradicen con el Primer Principio de la Termodinámica porque el calor cedido por un cuerpo tiene que ser el mismo que el calor que gana el otro cuerpo.

Estas situaciones no solo ocurren en intercambios de calor sino también cuando se producen procesos que impliquen variaciones de otras formas de energía. Por ejemplo, cuando una pelota es pateada, después de recorrer algunos metros queda detenida. La energía cinética con que partió la pelota se fue transformando en energía interna de la pelota, el piso y el aire. Sin embargo, no se da la situación que lleve el proceso al revés aunque esto no estaría en contradicción con el Primer Principio de la Termodinámica. En esa supuesta situación, la pelota detenida comenzaría a moverse hacia el que la ha pateado, enfriándose y enfriando el piso y el aire para llegar a sus pies con la misma energía cinética con que había partido.

En muchos casos puede ocurrir que aun cuando la energía se conserva los fenómenos no son posibles.


El **Segundo Principio de la Termodinámica** establece el sentido posible en que se producen los hechos y fenómenos. Este principio puede ser enunciado de distintas formas. Se puede afirmar entonces que en los procesos espontáneos la transferencia de calor siempre se da desde el cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura.

El físico alemán Rudolf Clausius (1822-1888) propuso en 1850 el siguiente enunciado:

No existe ningún proceso cuyo único efecto sea el pasaje de calor desde un cuerpo de menor temperatura a otro de mayor temperatura.

Para poder explicar por qué algunos fenómenos se dan espontáneamente y otros no, Clausius propuso el concepto de **entropía**. La variación de la entropía de un sistema permite estudiar el sentido en que se produce un fenómeno o transformación espontáneo.

Los procesos naturales ocurren en la dirección en la cual aumenta la entropía total del sistema más la del medio exterior. De esta forma, la entropía y el Segundo Principio de la Termodinámica pueden interpretarse como manifestaciones de la probabilidad de que un evento ocurra.

 **Rudolf Clausius** (1822-1888) fue uno de los fundadores de la Termodinámica. En 1850 enunció el Segundo Principio de la Termodinámica como la imposibilidad de flujo espontáneo de calor de un cuerpo frío a otro caliente sin la aplicación de un trabajo externo. En 1865 introdujo el término *entropía*, y demostró que la entropía del sistema se incrementa en un proceso irreversible. Llevó a cabo investigaciones sobre la teoría cinética de los gases y los fenómenos electroquímicos.

Entropía

Cuando se dice que una máquina térmica transforma parte del calor en trabajo y cede el resto de la energía a las fuentes más frías, se dice, de algún modo, que la energía no se perdió. O sea, se conserva la energía del sistema constituido por la máquina más las fuentes, pero esa energía cedida ya no es útil para hacer funcionar la máquina otra vez en las mismas condiciones, con el mismo rendimiento o eficiencia.

El Segundo Principio de la Termodinámica hace hincapié en la calidad de la energía, ya que sostiene que la energía sufre deterioros en las sucesivas transformaciones que pueden darse en un sistema. En ese caso, se dice que la energía del sistema se ha **degradado**.

Es posible decir, también, que la energía organizada y útil del sistema se transforma en energía con menor grado de organización y, por lo tanto, menos útil.

En los procesos naturales la energía útil de mayor calidad tiende a transformarse en energía menos útil y en consecuencia de menor calidad; o sea, el orden tiende al desorden.

De acuerdo con lo propuesto por Clausius, para prever si una evolución es posible, habría que calcular la **variación de entropía** que tendrá el universo. Es decir, el sistema que evoluciona más el medio que interactúa con él durante dicha variación. Si esa entropía del universo aumenta, la evolución es posible. Si la variación de entropía fuese cero, sería una evolución ideal, factible de ser pensada pero que no ocurriría espontáneamente. Si la variación es negativa, entonces el proceso no es posible.

La variación de la entropía se puede expresar con la siguiente ecuación:

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

donde ΔS es la variación de la entropía que experimenta el sistema más el medio, ΔQ es el calor que intercambia el sistema con el medio y T es la temperatura absoluta medida en K.

La entropía se mide entonces en J/K. Cuando un sistema sufre una transformación termodinámica, se calcula la variación de entropía que sufre dicho sistema y se le suma la que también sufriría el medio exterior. Si la entropía aumenta, esta suma tendrá un signo positivo. En cambio, si la entropía disminuye, el resultado de esta suma será negativo.

Aplicación del concepto de entropía

Se coloca 1 kg de agua a 100 °C dentro de un horno que se encuentra a 450 K. Calculen la variación de entropía experimentada por el universo cuando toda la masa líquida se convierta en vapor.

El calor latente de vaporización del agua es de 540 cal/g. Por lo tanto, la energía que intercambia 1000 g de agua con el horno es: $\Delta Q = 540 \text{ cal/g} \cdot 1000 \text{ g} = 540\,000 \text{ cal}$. La variación de entropía que sufre el agua es entonces:

$$\Delta S_1 = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{540\,000 \text{ cal}}{373 \text{ K}} = 1447,72 \text{ cal/K}$$

Como el horno cedió la misma cantidad de calor, su entropía es

$$\Delta S_2 = - \frac{540\,000 \text{ cal}}{450 \text{ K}} = - 1200 \text{ cal/K}$$

Por lo tanto, la variación de entropía que experimenta el universo es:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 144,77 \text{ cal/K} - 120 \text{ cal/K} = 24,77 \text{ cal/K} = 103,54 \text{ J/K}$$

El fenómeno es posible ya que esta suma tiene signo positivo, con lo cual la entropía del universo aumenta.

El ciclo de Carnot

Según el Segundo Principio de la Termodinámica, no hay ninguna máquina térmica que transforme todo el calor que se le suministra en trabajo mecánico. Solo una fracción del calor se puede convertir en trabajo y el resto de la energía se libera al medio.

Se denomina **rendimiento de una máquina** (η) a la relación entre el calor suministrado al sistema y el trabajo neto que el sistema realiza. Matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$\eta = \frac{W}{Q}$$

donde W es el trabajo realizado y Q es el calor que recibe el sistema.

Teniendo en cuenta que el trabajo realizado por una máquina es $L = Q_1 - Q_2$ se deduce que:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Generalmente este rendimiento se expresa en términos porcentuales. Por ejemplo, si una máquina térmica recibe en cada ciclo una cantidad de calor $Q_1 = 10\,000$ joule y realiza un trabajo de 4000 joule, tiene un rendimiento de 0,4 o del 40%. Es decir que transforma en trabajo mecánico el 40% de la energía que recibe.

Aunque el Segundo Principio enunciado por Clausius expresa la imposibilidad de tener una máquina térmica con un rendimiento del ciento por ciento, el físico francés Nicolás Sadi Carnot (1796-1832) se cuestionó cómo lograr una máquina térmica de mayor rendimiento. En su célebre trabajo *Reflexiones acerca de la potencia motriz del fuego* (1824), comparaba el funcionamiento de las máquinas térmicas con las ruedas hidráulicas. Para que estas ruedas funcionen es necesario un desnivel de agua. De la misma forma, el calor puede producir trabajo mecánico solo si existe un desnivel térmico.

Carnot enunció sus conclusiones en un ciclo especial que llamó el **ciclo de Carnot**. En ellas argumenta que:

Si fuera posible construir una máquina que funcione según su ciclo, el rendimiento sería mayor que el de cualquier otra máquina.

Esta máquina debería intercambiar calor con el medio y realizar procesos de expansión y compresión del gas en forma reversible.

Para este fin, el ciclo de Carnot ABCDA debería estar formado por una expansión isotérmica (AB), una expansión adiabática (BC), una compresión isotérmica (CD) y una compresión adiabática (DA).

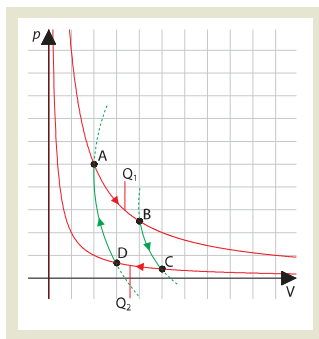
Carnot concluyó que una máquina ideal sería como la que plantea y que en ella los calores Q_1 y Q_2 deben ser proporcionales a las temperaturas de las fuentes. Entonces, el rendimiento de la máquina sería:

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_{frio}}{T_{cal}}$$

En un ciclo reversible de Carnot siempre se cumple que:

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0$$

Nicolás Sadi Carnot (1796-1832) hizo un estudio del calor y del movimiento desde un punto de vista práctico. Publicó en 1824 el trabajo titulado *Reflexiones sobre la fuerza motriz del fuego*. Esta investigación despertó poco interés y fue aparentemente olvidada en la evolución de la ciencia. Sin embargo, fue resucitada 25 años después, y reconocida como una importante idea creadora. En la introducción a su trabajo, Carnot hacía notar que las máquinas de vapor de su tiempo habían adquirido una importancia vital para la industrialización del mundo, en aquel entonces en rápido desarrollo. También había logrado una gran mejora en la eficiencia de sus trabajos, gracias a diversas modificaciones de los diseños, y se propuso determinar hasta dónde podría llegar el límite si se continuaban logrando mejoras prácticas.



Ciclo de Carnot.

Aplicaciones del ciclo de Carnot

1. Calculen el rendimiento de un ciclo de Carnot que trabaja entre 1000 K y 500 K.

Como $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$, entonces:

$$\eta = 1 - \frac{500 \text{ K}}{1000 \text{ K}} = \frac{1}{2}$$

Luego, $\eta = \frac{1}{2}$ o η es el 50 %. Esto significa que la mitad del calor va a la fuente fría.

2. ¿Cuál es el máximo rendimiento que puede alcanzar una máquina que realiza trabajo y toma calor de una fuente a 600 °C para calentar un depósito que se encuentra a 50 °C?

Las temperatura, en grados Kelvin, es: 600 °C = 873 K y 50 °C = 323 K, con lo cual el rendimiento η es:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{323 \text{ K}}{873 \text{ K}} = 1 - 0,37 = 0,63, \text{ es decir, } \eta \text{ es del orden del 63\%.$$

3. Una máquina térmica funciona realizando un ciclo de Carnot. Las temperaturas de las fuentes son 500 K y 400 K. La máquina produce un trabajo neto de 1000 J.

- ¿Cuál es el rendimiento de la máquina?
- ¿Qué cantidad de calor cede la fuente caliente?
- ¿Qué cantidad de calor se cede a la fuente fría?

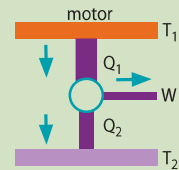
Para resolver el ítem **a.**, es necesario calcular η . Para ello:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{400 \text{ K}}{500 \text{ K}} = 1 - 0,80 = 0,20, \text{ es decir } \eta \text{ es del 20\%.$$

En el ítem **b.**, como $\eta = \frac{W}{Q_1}$ donde W es el trabajo realizado y Q_1 es el calor que recibe el sistema, resulta que $Q_1 = \frac{W}{\eta} = \frac{1000 \text{ J}}{0,20} = 5000 \text{ J}$.
Es decir, la fuente caliente cede 5000 J.

En el ítem **c.**, $Q_2 = W - Q_1 = 1000 \text{ J} - 5000 \text{ J} = -4000 \text{ J}$. Es decir, que el sistema entrega 4000 J al medio exterior.

4. El esquema de la figura representa una máquina que intercambia calor con las fuentes de temperaturas T_1 y T_2 . La máquina entrega 200 cal de trabajo al exterior absorbiendo 1000 cal de la fuente T_1 (a 500 K) y entregando 800 cal a la fuente T_2 que se halla a 300 K. ¿Es posible una máquina con estas características?



Como $\eta = \frac{W}{Q_2}$ donde W es el trabajo realizado y Q_2 es el calor que recibe el sistema, resulta que $\eta = \frac{200 \text{ cal}}{1000 \text{ cal}}$. Luego, $\eta = 0,20$ o 20%.

El máximo rendimiento según el ciclo de Carnot es:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300 \text{ K}}{500 \text{ K}} = 1 - 0,60 = 0,40$$

o bien η es del orden del 40%. Esta máquina térmica es factible, ya que su rendimiento es menor que el de una máquina de Carnot entre iguales temperaturas.

● Procesos reversibles e irreversibles

Una transformación es **reversible** cuando puede invertirse su sentido sin modificar la magnitud del trabajo realizado ni el calor intercambiado entre el sistema y el medio.

A nivel microscópico, pueden ocurrir ciertos desequilibrios internos pero cuyos resultados no afectan al equilibrio macroscópico del sistema. Por eso se dice que los procesos reversibles son ideales, pero existen procesos que pueden ser explicados mediante este concepto.

Cuando la entropía total de un sistema aumenta, el proceso inverso es imposible. Por eso el fenómeno se dice **irreversible**.

Las máquinas frigoríficas

El funcionamiento de las **máquinas refrigeradoras** o frigoríficas es inverso al de las máquinas térmicas. Estas últimas reciben del exterior una determinada cantidad de calor, parte del que transforman en trabajo y el resto entregan a la fuente fría. En cambio las máquinas refrigeradoras reciben desde el exterior trabajo que la máquina utiliza para transferir calor desde una zona de baja temperatura a otra de alta temperatura. Es como una bomba de calor que a través del trabajo bombea calor desde una fuente fría hacia otra fuente caliente. Por ejemplo, una heladera eléctrica es una máquina refrigeradora a compresor. El compresor accionado por un sistema eléctrico comprime un gas llamado **freón** que es un compuesto derivado de los gases clorofluorcarbonados, no tóxicos y que no contaminan los alimentos. Cuando estos gases escapan a la atmósfera no se descomponen si permanecen a bajas alturas, pero pueden reaccionar a varios kilómetros de la Tierra, y provocar la contaminación de la capa de ozono. Actualmente se encontraron nuevos compuestos gaseosos menos contaminantes para el ambiente, que no producen un aumento del calentamiento global de la Tierra.

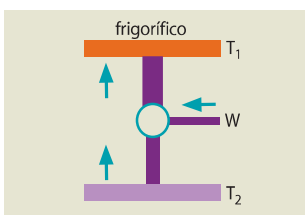
Al comprimirse, el gas aumenta su presión y pasa al condensador, que es una serpentina metálica en contacto con el ambiente. Al pasar por el condensador, el gas se licua y cuando pasa a estado líquido libera calor al medio.

El líquido circula por unos tubos de diámetro muy pequeño hacia el evaporador, que se encuentra dentro de la cabina de la heladera. El evaporador

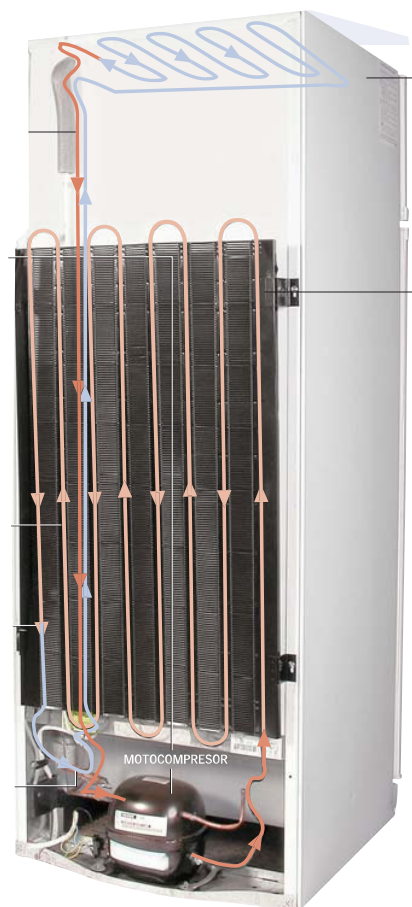
también tiene forma de serpentina pero con tubos de mayor diámetro. Esta variación en los diámetros de los conductos provoca una disminución de la presión del líquido el cual se evapora absorbiendo calor del interior de la heladera. El gas se encuentra a baja presión y pasa al compresor donde nuevamente se reinicia el ciclo. Los alimentos dentro de la heladera transfieren calor al freón, y éste los enfría a una temperatura de aproximadamente 4 °C.

En la parte exterior de la heladera, el freón transfiere calor al ambiente y se enfría nuevamente.

De acuerdo con el Primer Principio de la Termodinámica, la suma del calor transferido por los alimentos y el trabajo realizado por el motor es igual al calor liberado al exterior a mayor temperatura.



La máquina de Carnot también puede funcionar en sentido inverso, denominándose entonces ciclo frigorífico. En un frigorífico real, el motor conectado a la red eléctrica trabaja para extraer calor de la fuente fría (la cavidad del frigorífico) y cede calor a la fuente caliente, que es la atmósfera.



Un poco más de Sadi Carnot

Cuando el joven Nicolás Leonard Sadi Carnot publicó en 1824 su obra *Reflexions sur la puissance motrice du feu et sur machines propres à développer cette puissance*, las máquinas de vapor ya habían evolucionado bastante desde la primera fabricada en 1712, y se usaban para diversos fines. En 1807 ya había barcos impulsados con máquinas de vapor y el primer tren data de 1823. Sin embargo la física aún no tenía una justificación unánime para explicar el funcionamiento de estas máquinas.

En este contexto, Carnot enuncia las leyes fundamentales de la termodinámica y dice: “Dondequiera que exista una diferencia de temperatura, dondequiera pueda restablecerse el equilibrio del calórico, puede producirse también potencia motriz. El vapor de agua es un medio con el que es posible realizar esta potencia, pero no es el único: todos los cuerpos de la naturaleza pueden emplearse para este fin: todos son susceptibles al cambio de volumen, de contracciones y dilataciones sucesivas por las alternativas de calor y de frío. Todos son capaces de vencer, en sus cambios de volumen, ciertas

resistencias y de desarrollar así potencia motriz. Cuando se calienta y enfría alternativamente el agua, produce potencia motriz a la manera de los gases permanentes; o sea, sin volver jamás al estado líquido. La mayor parte de estos medios han sido propuestos, y muchos fueron ensayados, aunque sin éxito notable hasta ahora. Habíamos señalado que, en las máquinas de vapor, la potencia motriz se debe a un restablecimiento del equilibrio en el calórico: esto se da en la máquinas de vapor y en toda máquina de combustión. O sea, en toda máquina cuyo motor es el calor. El calor puede evidentemente ser una causa de movimiento no solo en virtud de los cambios de volumen o de forma que hace experimentar a los cuerpos. Estos cambios no se deben a una constancia de temperatura, sino a alternancias de calor y de frío. Para calentar cualquier sustancia, hace falta un cuerpo más frío. Necesariamente se toma calórico del primero de estos cuerpos para transmitirlo al segundo por medio de la sustancia intermediaria. Vale decir, se restablece o, por lo menos, se trata de restablecer el equilibrio calórico.

Es natural formularse aquí esta pregunta, a la vez curiosa e importante: ¿es la potencia motriz del calor inmutable en cantidad, o varía con el agente que utiliza para realizarla, con su sustancia intermediaria elegida como sujeto de acción del calor?(...)

(...) Según las nociones establecidas hasta ahora, se puede comparar con bastante exactitud la potencia motriz del calor con la de una caída de agua: ambas tienen un máximo que no se puede sobrepasar, cualquiera que fuese la máquina empleada para recibir la acción del calor. La potencia motriz de una caída de agua depende de su altura y de la cantidad de líquido; la potencia motriz del calor depende también de la cantidad de calórico empleada, y de lo que llamaremos la altura de su caída. Es decir, la diferencia de temperatura de los cuerpos entre los cuales se hace el intercambio del calórico. En la caída del agua, la potencia motriz es rigurosamente proporcional a la diferencia de nivel entre el depósito superior y el depósito inferior. En la caída del calórico, la potencia motriz aumenta, sin duda, con la diferencia de temperatura entre el cuerpo caliente y el cuerpo frío.(...)

Luego de leer el texto de Carnot, respondan.

- a. ¿Cuál es la concepción del calor que se expone en el texto?
- b. ¿Qué significado conceptual tiene la potencia motriz?

- c. ¿Cuáles son las hipótesis que intenta probar Carnot?
- d. Expliquen la analogía que utiliza para ejemplificar su postura.



IDEAS BÁSICAS DE LA UNIDAD

- Las leyes de los gases junto con la Teoría Cinético-Molecular permitieron establecer un modelo de partículas que ayuda a explicar la naturaleza de la materia.
- Según la Teoría Cinético-Molecular, las moléculas de los gases se mueven continuamente en línea recta y al azar, chocando entre sí o bien con las paredes de los recipientes que las contienen.
- La variación de la energía interna del sistema entre dos estados considerados es siempre la misma. Quiere decir que no depende de la transformación necesaria para pasar de un estado a otro.
- El **Primer Principio de la Termodinámica** dice que la energía intercambiada por un sistema es igual a la variación de su energía interna.
- En una **transformación cíclica**, el trabajo realizado por el sistema es igual al calor total absorbido por el sistema y la variación de su energía interna es cero.
- En una **transformación adiabática**, la energía interna del sistema disminuye o aumenta una determinada cantidad que es igual al trabajo realizado por el sistema o sobre el sistema.
- El **Segundo Principio de la Termodinámica** establece el sentido posible en que se producen los hechos y fenómenos.
- La **entropía** es una función de estado de un sistema que indica una medida del desorden de dicho sistema.
- El funcionamiento de las máquinas refrigeradoras es inverso al de las máquinas térmicas, pero cumple con el Segundo Principio de la Termodinámica.

Fórmulas

$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$	Ley de Boyle	$Q - W = \Delta U$	Primer Principio de la Termodinámica
$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	Ley de Charles y Gay-Loussac. Isobárica	$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$	Variación de entropía
$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$	Ley de Charles y Gay-Loussac. Isocórica	$\eta = \frac{W}{Q}$	Rendimiento de una máquina térmica
$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$	Ecuación general de estado de los gases ideales	$\eta = 1 - \frac{T_{frío}}{T_{cal}}$	Rendimiento de una máquina de Carnot