

I.T.I. FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Física de ondas, electricidad y moderna
Guía 4 – Grado 11°
2025
Termodinámica

La termodinámica se ocupa de la transformación de la energía térmica en energía mecánica y del proceso inverso, la conversión de trabajo en calor. Puesto que casi toda la energía disponible de las materias primas se libera en forma de calor, es fácil comprender por qué la termodinámica desempeña un papel tan importante en la ciencia y en la tecnología.

Estudiaremos dos leyes fundamentales que se deben cumplir en todos los casos en que la energía térmica se utiliza para realizar trabajo. La primera ley es simplemente otra forma de postular el principio de la conservación de la energía. La segunda ley impone restricciones en torno al empleo eficiente de la energía disponible.

CALOR Y TRABAJO

La equivalencia de calor y trabajo como dos formas de energía ha quedado establecida con toda claridad. Rumford destruyó la teoría del calórico al demostrar que es posible extraer calor de un sistema por tiempo indefinido, siempre que se le suministre trabajo externo al sistema. Joule dijo la última palabra cuando demostró la equivalencia mecánica del calor.

El trabajo, lo mismo que el calor, incluye la transferencia de energía, pero existe una diferencia importante entre estos dos términos. En mecánica definimos el trabajo como una cantidad escalar, igual en magnitud al producto de una fuerza por un desplazamiento. La temperatura no interviene en esta definición. El calor, por otra parte, es energía que fluye de un cuerpo a otro a causa de la diferencia de temperatura. Una condición indispensable para que se transfiera calor es que exista una diferencia de temperatura. El desplazamiento es la condición necesaria para que se realice un trabajo.

Lo importante en este análisis es reconocer que tanto el calor como el trabajo representan cambios que ocurren en un proceso dado. Generalmente estos cambios van acompañados de una variación en la energía interna. Considere las dos situaciones que se ilustran en la figura 1. En la figura 1a la energía

interna del agua aumenta debido a que se efectúa trabajo mecánico. En la figura 1b la energía interna del agua aumenta debido a un flujo de calor.

FUNCIÓN DE LA ENERGÍA INTERNA

Se dice que un sistema se encuentra en equilibrio termodinámico si no hay una fuerza resultante que actúe sobre el sistema y si la temperatura del sistema es la misma que la de sus alrededores. Esta condición requiere que no se realice trabajo alguno ni sobre el sistema ni por el sistema, y que no haya ningún intercambio de calor entre el sistema y sus alrededores. En estas condiciones, el sistema posee una energía interna definida U . Su estado termodinámico puede describirse mediante tres coordenadas: (1) su presión P , (2) su volumen V , y (3) su temperatura T . Cada vez que dicho sistema absorba o libere energía, ya sea en forma de calor o de trabajo, alcanzará un nuevo estado de equilibrio, de modo que su energía siempre se conserve.

En la figura 2, vamos a considerar un proceso termodinámico en el cual un sistema es obligado a cambiar de un estado de equilibrio 1 a un estado de equilibrio 2. En la figura 2a el sistema se encuentra en equilibrio termodinámico con una energía interna inicial U_1 y sus coordenadas termodinámicas (P_1 , V_1 , T_1). En la figura 2b el sistema reacciona con sus alrededores. El calor Q puede ser absorbido por el sistema y/o liberado a su medio ambiente. El calor se considera positivo para el calor de entrada y negativo para el calor de salida. El calor neto absorbido por el sistema se representa por ΔQ . El trabajo W puede ser realizado por el sistema, sobre el sistema o ambas cosas. El trabajo de salida se considera positivo, y el trabajo de entrada se considera negativo. Por lo tanto, ΔW representa el trabajo neto realizado por el sistema (trabajo de salida). En la figura 2c el sistema ha alcanzado su estado final 2 y de nuevo está en equilibrio, con una energía interna final U_2 . Sus nuevas coordenadas termodinámicas son (P_2 , V_2 , T_2).

Puesto que la energía tiene que conservarse, el cambio en la energía interna

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

debe representar la diferencia entre el calor neto ΔQ absorbido por el sistema y el trabajo neto ΔW que realiza el sistema sobre sus alrededores.

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

Por lo tanto, el cambio en energía interna se define exclusivamente en términos de las cantidades medibles calor y trabajo. La ecuación establece la

existencia de una función de energía interna que se determina mediante las coordenadas termodinámicas de un sistema. Su valor en el estado final menos su valor en el estado inicial representa el cambio en energía del sistema.

PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

La primera ley de la termodinámica es simplemente una nueva exposición del principio de la conservación de la energía:

La energía no puede crearse o destruirse, sólo transformarse de una forma a otra.

Aplicando esta ley a un proceso termodinámico, observamos a partir de la ecuación, que

$$\Delta Q = \Delta W - \Delta U$$

Esta ecuación representa un postulado matemático de la primera ley de la termodinámica, la cual puede enunciarse como sigue:

En cualquier proceso termodinámico, el calor neto absorbido por un sistema es igual a la suma del equivalente térmico del trabajo realizado por el sistema y el cambio en la energía interna del mismo.

EL DIAGRAMA P-V

Gran número de procesos termodinámicos implican cambios de energía que se producen en los gases contenidos en cilindros. En este punto, resulta útil deducir una expresión para calcular el trabajo realizado por un gas que se dilata. Vamos a considerar un sistema que consiste en un gas encerrado dentro de un cilindro equipado con un émbolo móvil, como se muestra en la figura 3a. El émbolo tiene un área de sección transversal A que descansa sobre una columna de gas bajo una presión P . El calor puede fluir hacia adentro o hacia afuera del gas a través de las paredes del cilindro. Se puede realizar trabajo sobre o por el gas empujando el émbolo hacia abajo o permitiéndole que se expanda hacia arriba.

Consideremos primero el trabajo efectuado por el gas cuando se expande a una presión constante P . La fuerza ejercida por el gas sobre el émbolo será

igual a PA . Si el émbolo se mueve hacia arriba a través de una distancia Δx , el trabajo ΔW de esta fuerza estará dada por

$$\Delta W = F \Delta x = PA \Delta x$$

Pero $A\Delta x = \Delta V$, donde ΔV representa el cambio de volumen del gas, por lo que

$$\Delta W = P \Delta V$$

Es decir, el trabajo realizado mediante una expansión del gas a presión constante es igual al producto de la presión por el cambio de volumen del gas.

El proceso puede mostrarse gráficamente trazando el incremento de volumen como una función de la presión (fig. 3b). Esta representación, llamada un diagrama P - V , es extremadamente útil en termodinámica. En el ejemplo anterior, la presión era constante, por lo que la gráfica es una línea recta. Observe que el área bajo la línea, indicada por la porción sombreada en la figura, es

$$\text{Área} = P(V_2 - V_1) = P \Delta V$$

que es igual al trabajo ΔW , partiendo de la ecuación. Esto nos lleva a un principio importante:

Cuando un proceso termodinámico implica cambios en el volumen y/o la presión, el trabajo realizado por el sistema es igual al área bajo la curva en un diagrama P - V .

En general, la presión no será constante durante el desplazamiento de un émbolo.

Por ejemplo, en la carrera del pistón de un motor de gasolina, el fluido se enciende a alta presión, y la presión disminuye cuando el pistón se desplaza hacia abajo. El diagrama P - V en este caso es una curva en declive, como se aprecia en la figura 4a. El volumen aumenta de V_1 a V_2 mientras la presión disminuye de P_1 a P_2 . Para calcular el trabajo en un proceso de ese tipo, debemos recurrir a un análisis gráfico y medir el área bajo la curva P - V .

En la figura 4 se puede demostrar que el área bajo la curva es igual al trabajo, cuando la presión no es constante. El área del estrecho rectángulo sombreado representa el trabajo efectuado por el gas en expansión, mediante un incremento ΔV_i bajo la presión constante P_i . Si el área bajo la curva total se divide en múltiples rectángulos, podemos sumar todos los productos $P_i \Delta V_i$ a

fin de calcular el trabajo total. Por lo tanto, el trabajo total es simplemente el área bajo el diagrama P-V entre los puntos V_1 y V_2 sobre el eje correspondiente al volumen.

EL CASO GENERAL PARA LA PRIMERA LEY

La primera ley de la termodinámica establece que la energía debe conservarse en cualquier proceso termodinámico. En la formulación matemática

$$\Delta Q = \Delta W + \Delta U$$

hay tres cantidades que pueden sufrir cambios. El proceso más general es aquel en el que participan las tres cantidades. Por ejemplo, el fluido de la figura 5 se dilata mientras está en contacto con una flama. Considerando el gas como un sistema, hay una transferencia neta de calor ΔQ impartida al gas. Esta energía se usa en dos formas: (1) la energía interna ΔU del gas aumenta debido a una parte de la energía térmica de entrada, y (2) el gas realiza una cantidad de trabajo ΔW sobre el émbolo, que es equivalente a la energía disponible restante.

Surgen casos especiales de la primera ley cuando una o más de las tres cantidades, ΔQ , ΔW o ΔU , no sufren cambios. En estos casos, la primera ley se simplifica bastante.

PROCESOS ADIABÁTICOS

Supongamos que hay un sistema completamente aislado de sus alrededores, de modo que no puede haber un intercambio de energía térmica Q . Cualquier proceso que ocurra en un entorno totalmente cerrado, como en una cámara aislada, se denomina proceso adiabático y en esos casos se dice que el sistema está rodeado por paredes adiabáticas.

Un proceso adiabático es aquel en el que no hay intercambio de energía térmica ΔQ entre un sistema y sus alrededores.

Aplicando la primera ley a un proceso en el cual $\Delta Q = 0$, obtenemos

$$\Delta W = -\Delta U \quad \text{Adiabático}$$

La ecuación nos muestra que, en todo proceso adiabático, el trabajo se realiza a expensas de la energía interna. Generalmente, la disminución de energía térmica resultante va acompañada de un descenso en la temperatura.

Como ejemplo de un proceso adiabático, considere la figura 6, en la cual un émbolo se eleva por la acción de un gas en expansión. Si las paredes del cilindro se aíslan y la expansión ocurre rápidamente, el proceso será aproximadamente adiabático. A medida que el gas se dilata, efectúa trabajo sobre el émbolo, pero pierde energía interna y experimenta una caída en la temperatura. Si el proceso se invierte forzando al émbolo a descender, entonces el trabajo se realizará sobre el gas ($-\Delta W$) y habrá un incremento en la energía interna (ΔU), de modo que

$$-\Delta W = +\Delta U$$

En este ejemplo la temperatura se elevará.

Otro ejemplo de un proceso adiabático que es útil en el ramo de la refrigeración industrial es el que se conoce como proceso de estrangulación.

Un proceso de estrangulación es aquel en el cual el fluido a alta presión se filtra adiabáticamente, ya sea a través de una pared porosa o de una abertura estrecha, hacia una región de baja presión.

Considere un gas que circula, impulsado por una bomba, a través del aparato ilustrado en la figura 7. El gas que proviene del lado de la bomba donde es alta la presión es forzado a cruzar una estrecha constricción, llamada válvula de estrangulación, para pasar al lado de baja presión. La válvula está perfectamente aislada, de modo que el proceso es adiabático y $\Delta Q = 0$. De acuerdo a la primera ley, $\Delta W = -\Delta U$, y el trabajo neto realizado por el gas al pasar a través de la válvula se efectúa a expensas de un gasto de energía interna. En refrigeración, un líquido refrigerante sufre una caída de temperatura y una vaporización parcial como resultado del proceso de estrangulamiento.

PROCESOS ISOCÓRICOS

Otro caso especial para la primera ley se presenta cuando no se realizó trabajo, ni por el sistema ni sobre el sistema. Este tipo de proceso se conoce como proceso isocórico.

También recibe el nombre de proceso isovolumétrico puesto que no puede haber cambio en el volumen sin la realización de trabajo.

Un proceso isocórico es aquel en el que el volumen del sistema permanece constante.

Aplicando la primera ley a un proceso en el que $\Delta W = 0$, obtenemos

$$\Delta Q = \Delta U \quad \text{Isocórico}$$

Por lo tanto, en un proceso isocórico toda la energía térmica absorbida por un sistema incrementa su energía interna. En este caso generalmente hay un incremento en la temperatura del sistema.

Un proceso isocórico ocurre cuando se calienta agua en un recipiente a volumen fijo, como muestra la figura 8. A medida que se suministra calor, el aumento en la energía interna da por resultado una elevación en la temperatura del agua hasta que ésta empieza a hervir. Si se continúa incrementando la energía interna, se pone en marcha el proceso de vaporización. Sin embargo, el volumen del sistema, formado por agua y vapor, permanece constante y no se realiza trabajo externo.

Cuando se retira la flama, el proceso se invierte a medida que el calor deja el sistema a través del fondo del cilindro. El vapor de agua se condensará, y la temperatura del agua resultante llegará a ser igual a la temperatura ambiente. Este proceso representa una pérdida de calor y el correspondiente descenso en energía interna, pero, nuevamente, no se realiza trabajo.

PROCESO ISOTÉRMICO

Es posible que la presión y el volumen de un gas varíen sin que cambie la temperatura.

Ya se estudió la ley de Boyle para describir cambios de volumen y presión durante dichos procesos. Un gas se puede comprimir en un cilindro en forma tan lenta que prácticamente permanece en equilibrio térmico con sus alrededores. La presión aumenta a medida que el volumen disminuye, pero la temperatura es prácticamente constante.

Un proceso isotérmico es aquel en el que la temperatura del sistema permanece constante.

Si no hay cambio de fase, una temperatura constante indica que no hay cambio en la energía interna del sistema. Aplicando la primera ley a un proceso en el que $\Delta U = 0$, obtenemos

$$\Delta W = \Delta Q \quad \text{Isotérmico}$$

Por lo tanto, en un proceso isotérmico toda la energía absorbida por un sistema se convierte en trabajo de salida.

SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

Cuando nos frotamos las manos vigorosamente, el trabajo contra la fricción incrementa la energía interna y provoca una elevación de temperatura. El aire de los alrededores constituye un gran depósito a una temperatura más baja, y la energía térmica se transfiere sin que éste cambie su temperatura apreciablemente. Cuando dejamos de frotarnos, nuestras manos retornan a su estado original. De acuerdo con la primera ley, la energía mecánica se ha transformado en calor con una eficiencia del 100 por ciento.

$$\Delta W = \Delta Q$$

Este tipo de transformación puede continuar indefinidamente en tanto se suministre trabajo.

Consideremos ahora el proceso inverso. ¿Es posible convertir la energía térmica en trabajo con una eficiencia del 100 por ciento? En el ejemplo anterior, ¿es posible capturar todo el calor transferido al aire y hacerlo volver a nuestras manos, provocando que ellas se froten indefinidamente en forma espontánea? En un día de frío invernal, este proceso favorecería a los cazadores de manos frías. Por desgracia, tal proceso no puede ocurrir, aun cuando no viole la primera ley. Tampoco es posible recuperar todo el calor perdido al frenar un automóvil con el propósito de que las ruedas empiecen a girar de nuevo.

Estudiaremos que la conversión de energía térmica en trabajo mecánico es un proceso de pérdidas. La primera ley de la termodinámica nos dice que no podemos tener ganancias en un experimento de ese tipo. Es decir, que es imposible conseguir más trabajo por parte de un sistema que el calor que se le suministra al sistema. Sin embargo, esto no excluye la posibilidad de seguir frenando. Es obvio que necesitamos otra regla que establezca que no es

posible convertir el 100 por ciento de la energía térmica en trabajo útil. Esta regla constituye el fundamento de la segunda ley de la termodinámica.

Segunda ley de la termodinámica: Es imposible construir una máquina que, funcionando de manera continua, no produzca otro efecto que la extracción de calor de una fuente y la realización de una cantidad equivalente de trabajo.

Para profundizar más y hacer más aplicable este principio, suponga que estudiamos el funcionamiento y la eficiencia de máquinas térmicas. Un sistema particular puede ser un motor de gasolina, un motor de propulsión, una máquina de vapor, o incluso el cuerpo humano. El funcionamiento de una máquina térmica se describe mejor por medio de un diagrama similar al que muestra la figura 9. Durante la operación de una máquina general de este tipo, ocurren tres procesos:

1. Una cantidad de calor Q_{ent} se suministra a la máquina desde un recipiente a alta temperatura T_{ent}
2. La máquina realiza un trabajo mecánico W_{sal} mediante la utilización de una parte del calor de entrada.
3. Una cantidad de calor Q_{sal} se libera al recipiente de baja temperatura T_{sal} .

Puesto que el sistema periódicamente regresa a su estado inicial, el cambio neto de energía interna es cero. Por consiguiente, la primera ley nos dice que

$$\text{Trabajo de salida} = \text{calor de entrada} - \text{calor de salida}$$

$$W_{sal} = Q_{ent} - Q_{sal}$$

La eficiencia de una máquina térmica se define como la razón del trabajo útil realizado por una máquina con respecto al calor suministrado a la máquina, y generalmente se expresa como porcentaje.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{trabajo de salida}}{\text{calor de entrada}}$$

$$e = \frac{Q_{ent} - Q_{sal}}{Q_{ent}}$$

Por ejemplo, una máquina con una eficiencia del 25% ($e = 0.25$) debe absorber 1000 Btu, realizar un trabajo de 250 Btu y desechar 750 Btu como calor perdido. Una máquina eficiente al 100 por ciento es aquella en la que todo el

calor de entrada se convierte en trabajo útil. En este caso, no se entregaría calor al medio ambiente ($Q_{sal} = 0$). Aunque en un proceso de ese tipo se conservaría la energía, se viola la segunda ley de la termodinámica. La máquina más eficiente es aquella que cede al medio ambiente la menor cantidad posible de calor.

CICLO DE CARNOT

Todas las máquinas térmicas están sujetas a gran número de dificultades prácticas.

La fricción y la pérdida de calor mediante la conducción y la radiación impiden que las máquinas reales funcionen a su máxima eficiencia. Una máquina ideal, libre de ese tipo de problemas, fue sugerida por Sadi Carnot en 1824. La máquina de Carnot tiene la máxima eficiencia posible tratándose de una máquina que absorbe calor de una fuente a alta temperatura, realiza trabajo externo, y deposita calor en un recipiente a baja temperatura. La eficiencia de una cierta máquina puede determinarse comparándola con la máquina de Carnot al funcionar entre las mismas temperaturas.

El ciclo de Carnot se ilustra en la figura 10. Un gas confinado en un cilindro provisto de un émbolo móvil se pone en contacto con una fuente a alta temperatura T_{ent} .

Una cantidad de calor Q_{ent} es absorbida por el gas, el cual se dilata isotérmicamente a medida que la presión disminuye. La primera etapa del Ciclo de Carnot se muestra gráficamente por medio de la curva AB en el diagrama P-V (figura 11). Luego, el cilindro se coloca en un aislante térmico, donde continúa la dilatación adiabática en tanto que la presión disminuye hasta su nivel más bajo. Esta etapa se representa gráficamente por la curva BC. En la tercera etapa el cilindro es extraído de la base aislante y colocado sobre una fuente a baja temperatura T_{sal} . Una cantidad de calor Q_{sal} es extraída del gas a medida que éste se comprime isotérmicamente desde el punto C hasta el D en el diagrama P-V. Por último, el cilindro se coloca de nuevo en la base aislante, donde se comprime adiabáticamente hasta su etapa original a lo largo de la trayectoria DA. La máquina realiza trabajo externo durante el proceso de dilatación y regresa a su estado inicial durante los procesos de compresión.

LA EFICIENCIA DE UNA MAQUINA IDEAL

Es difícil predecir la eficiencia de una máquina real a partir de la ecuación porque calcular las cantidades Q_{ent} y Q_{sal} es complicado. Las pérdidas por calor y fricción a través de las paredes del cilindro y alrededor del émbolo, la combustión incompleta del combustible, e incluso las propiedades físicas de diferentes combustibles son factores que dificultan nuestros esfuerzos por medir la eficiencia de tales máquinas. Sin embargo, podemos imaginar una máquina ideal que no se vea afectada por las dificultades prácticas. La eficiencia de dicha máquina depende tan sólo de las cantidades de calor absorbidas y liberadas entre dos fuentes de calor bien definidas, y no dependen de las propiedades térmicas del combustible que se use. Es decir, independientemente de los cambios internos de presión, volumen, longitud y otros factores, todas las máquinas ideales tienen la misma eficiencia cuando están funcionando entre las mismas dos temperaturas (T_{ent} y T_{sal}).

Una máquina ideal es aquella que tiene la más alta eficiencia posible para los límites de temperatura dentro de los cuales opera.

Si podemos definir la eficiencia de una máquina en términos de temperaturas de entrada y salida en vez de hacerlo en términos del calor de entrada o de salida, tendremos una fórmula más útil. Para una máquina ideal se puede probar que la razón de Q_{ent}/Q_{sal} es la misma que la razón de T_{ent}/T_{sal} pero demostrar esta aseveración rebasa los alcances de este texto. Por lo tanto, la eficiencia de una máquina ideal puede expresarse como una función de las temperaturas absolutas de los depósitos de entrada y de salida. La ecuación, para una máquina ideal, se transforma en

$$e = \frac{T_{ent} - T_{sal}}{T_{ent}}$$

Se puede demostrar que ninguna máquina que opere entre las mismas dos temperaturas puede ser más eficiente que lo que indica la ecuación. Esta eficiencia ideal representa entonces, el límite superior de la eficiencia de cualquier máquina práctica. Cuanto mayor es la diferencia de temperatura entre dos depósitos, mayor es la eficiencia de cualquier máquina.

MAQUINAS DE COMBUSTIÓN INTERNA

Un motor de combustión interna genera el calor de entrada dentro de la máquina misma. La máquina más común de este tipo es el motor de gasolina de cuatro tiempos, en el cual la mezcla de gasolina y aire se inflama por medio de una bujía en cada cilindro. La energía térmica que se libera se convierte en trabajo útil debido a la presión que ejercen los gases de expansión sobre el émbolo. El proceso de cuatro tiempos se muestra en la figura 13. Durante la carrera de admisión (figura 13a) entra una mezcla de aire y vapor de gasolina al cilindro a través de la válvula de admisión. Ambas válvulas se cierran durante la carrera de compresión (figura 13b) y el pistón se mueve hacia arriba provocando una elevación en la presión. Justo antes de que el pistón llegue al extremo superior, se lleva a cabo el encendido de la mezcla lo que origina un cambio abrupto tanto en la temperatura como en la presión. En la carrera de trabajo (figura 13c) la fuerza de los gases en expansión impulsan al pistón hacia abajo, efectuando trabajo externo. En la carrera de expulsión (figura 13d), se expulsan los gases quemados fuera del cilindro a través de la válvula de escape. Nuevamente se repite todo el ciclo mientras se siga suministrando combustible al cilindro.

El ciclo ideal que usa un ingeniero para perfeccionar un motor de gasolina se muestra en la figura 12. Se conoce como ciclo de Otto en honor a su inventor. La carrera de compresión se representa por la curva ab. La presión aumenta adiabáticamente a medida que el volumen se reduce. En el punto b se enciende la mezcla, suministrando una cantidad de calor Q_{ent} al sistema. Esto ocasiona una brusca elevación en la presión, como lo indica la línea be. En la carrera de trabajo (cd) los gases se expanden adiabáticamente efectuando trabajo externo. Luego el sistema se enfría a volumen constante hasta el punto a, cediendo una cantidad de calor Q_{sal} . Los gases de la combustión son expulsados en la siguiente carrera del émbolo hacia arriba, suministrándose más combustible en la siguiente carrera cuando el pistón se mueve hacia abajo. Después el ciclo vuelve a empezar la razón de volúmenes V_1/V_2 , como indica el diagrama P-V, se llama la razón de compresión y es igual a 8 para la mayoría de los motores de automóvil.

La eficiencia del ciclo de Otto ideal se muestra en la ecuación

$$e = 1 - \frac{1}{(V_1/V_2)^{\gamma-1}}$$

donde γ es la constante adiabática para la sustancia de trabajo. La constante adiabática se define por

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v}$$

donde c_p es el calor específico del gas a presión constante y c_v es el calor específico a volumen constante. Para gases monoatómicos $\gamma = 1.67$, y para gases diatómicos $\gamma = 1.4$. En el motor de gasolina la sustancia de trabajo es en su mayoría aire, para el cual $\gamma = 1.4$. En el caso ideal, la ecuación muestra que las razones de compresión más altas producen rendimientos superiores puesto que γ es siempre mayor que 1.

Un segundo tipo de máquina de combustión interna es la diesel. En esta máquina el aire se comprime a alta temperatura y presión hasta cerca del extremo superior del cilindro. El combustible diesel que se inyecta en el cilindro en este punto, se enciende y empuja al émbolo hacia abajo. El ciclo diesel idealizado se muestra en el diagrama PV en la figura 14. Empezando en a, se comprime el aire adiabáticamente hasta el punto b, donde se inyecta el combustible diesel. Este combustible se enciende por el aire caliente, liberando una cantidad de calor Q_{ent} a una presión casi constante (línea bc).

El resto de la carrera de trabajo consiste en una expansión adiabática hasta el punto d, realizando trabajo externo. Durante las carreras de admisión y expulsión, el gas se enfría a volumen constante hasta el punto a, perdiendo una cantidad de calor Q_{sal} . La eficiencia de una máquina diesel es función de la razón de compresión (V_1/V_2) y de la razón de expansión (V_1/V_3).

REFRIGERACIÓN

Se puede pensar que un refrigerador es una máquina térmica que opera en sentido inverso. Un diagrama esquemático de un refrigerador aparece en la figura 15. Durante cada ciclo, un compresor o un dispositivo similar proporciona trabajo mecánico W al sistema, extrayendo una cantidad de calor $Q_{frío}$ de un depósito frío y cediendo una cantidad de calor Q_{cal} a un depósito caliente. De acuerdo con la primera ley, el trabajo de entrada está dado por

$$W = Q_{cal} - Q_{frío}$$

La eficiencia de cualquier refrigerador se determina por la cantidad de calor $Q_{frío}$ extraída con el mínimo gasto de trabajo mecánico W . De este modo, la razón $Q_{frío}/W$ es una medida de la eficiencia de enfriamiento del refrigerador y se le llama su coeficiente de rendimiento K . Simbólicamente,

$$K = \frac{Q_{frío}}{W} = \frac{Q_{frío}}{Q_{cal} - Q_{frío}}$$

La eficiencia máxima puede expresarse en términos de temperaturas absolutas:

$$K = \frac{T_{frío}}{T_{cal} - T_{frío}}$$

A fin de comprender mejor el proceso de refrigeración, considere el esquema general de la figura 6. Este diagrama es aplicable a diversos dispositivos de refrigeración, desde una planta comercial hasta un refrigerador doméstico. La sustancia de trabajo, llamada refrigerante es un gas que se licua fácilmente por medio de un incremento en la presión o una caída de temperatura. En la fase líquida puede evaporarse rápidamente al hacerse pasar a través de un proceso de estrangulamiento a una temperatura cercana a la temperatura ambiente. Entre los refrigerantes comunes tenemos: amoníaco, freón 12, cloruro de metilo y dióxido de azufre. El más común de los refrigerantes industriales es el amoníaco, que hierve a -28°F bajo una presión de 1 atm.

Entre los refrigerantes domésticos, el más común es el freón 12 que hierve a -22°F a la presión atmosférica. El cambio de presión afecta drásticamente las temperaturas de condensación y vaporización de todos los refrigerantes.

Como se muestra en el esquema, un sistema usual de refrigeración consiste en un compresor, un condensador, un tanque de almacenamiento del líquido, una válvula de estrangulamiento y un evaporador. El compresor suministra el trabajo de entrada necesario para que el refrigerante se mueva a través del sistema. Cuando se mueve el émbolo a la derecha, succiona el refrigerante a través de la válvula de admisión a una presión un poco más alta que la atmosférica y próxima a la temperatura ambiente. Durante la carrera de trabajo, la válvula de admisión se cierra y la de descarga se abre. El refrigerante que emerge, a alta temperatura y presión, circula hacia el condensador, donde es enfriado hasta que se licua. El condensador se puede enfriar mediante una corriente de agua o con un ventilador eléctrico. Durante esta fase se libera una cantidad de calor Q_{cal} del sistema. El refrigerante líquido condensado, aún en condiciones de alta presión y temperatura, se almacena en un depósito de líquido. Luego, el refrigerante líquido pasa desde el tanque de almacenamiento a través de una válvula de estrangulamiento, causando un descenso brusco en la temperatura y la presión. A medida que fluye el

refrigerante líquido a través del serpentín evaporador, absorbe una cantidad de calor $Q_{\text{frío}}$ del espacio y de los productos que están siendo enfriados. Este calor hace hervir el refrigerante líquido y es transportado hacia afuera por el refrigerante gaseoso como calor latente de vaporización. Esta fase es el "pago" por la operación completa, y todos los componentes tan sólo contribuyen a la transferencia real del calor al evaporador. Por último, el vapor refrigerante deja el evaporador y es succionado hacia el compresor para empezar otro ciclo.

FIGURAS

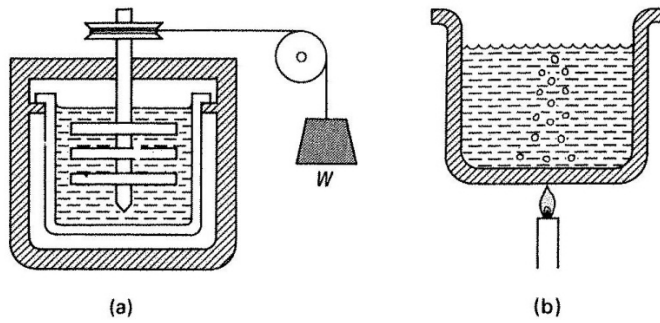


Fig. 1 Incremento de la energía interna de un sistema por medio de (a) la realización de trabajo y (b) suministrando calor al sistema.

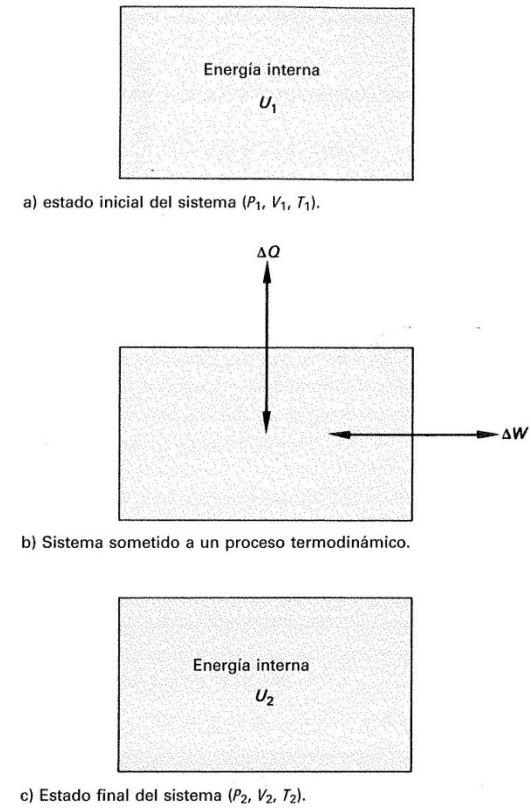


Fig. 2 Diagrama esquemático de un proceso termodinámico.

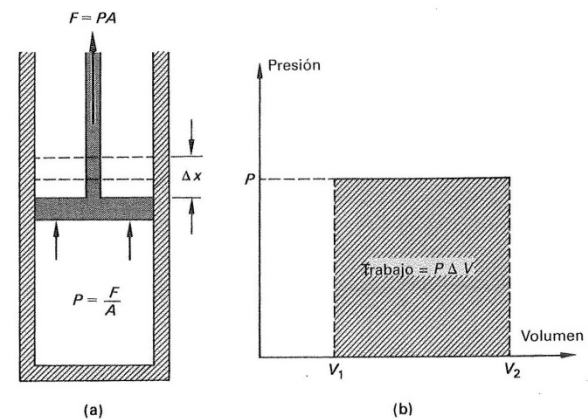


Fig. 3 (a) Cálculo del trabajo realizado por un gas al expandirse a presión constante. (b) El trabajo es igual al área bajo la curva en un diagrama P-V.

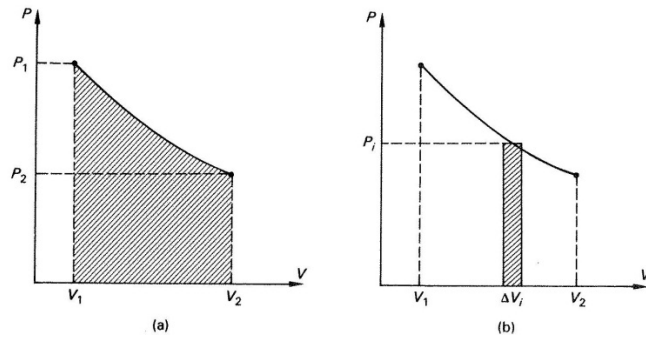


Fig. 4 Cálculo del trabajo realizado por un gas al expandirse bajo una presión variable.

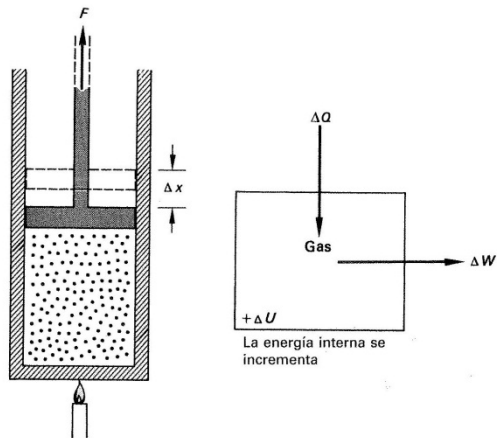


Fig. 5 La fracción de la energía ΔQ suministrada al gas por la llama se transforma en un trabajo externo ΔW . El resto incrementa la energía interna ΔU del gas.

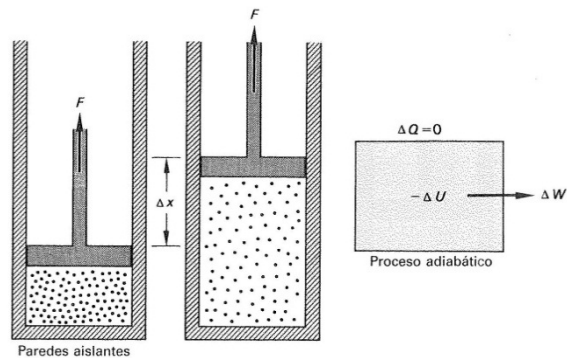


Fig. 6 En un proceso adiabático no hay transferencia de calor y el trabajo se realiza a expensas de la energía interna.

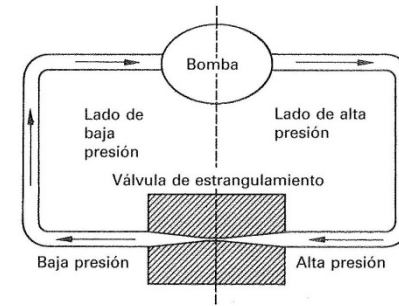


Fig. 7 Proceso de estrangulamiento.

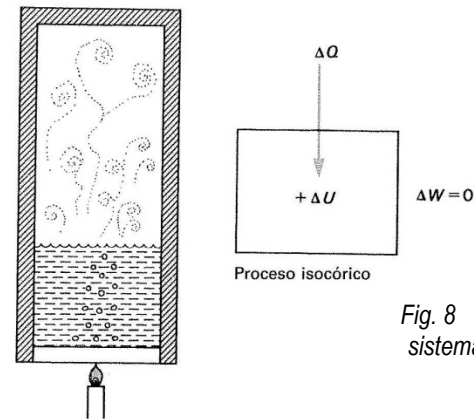


Fig. 8 En un proceso isocórico, el volumen del sistema (agua y vapor) permanece constante.

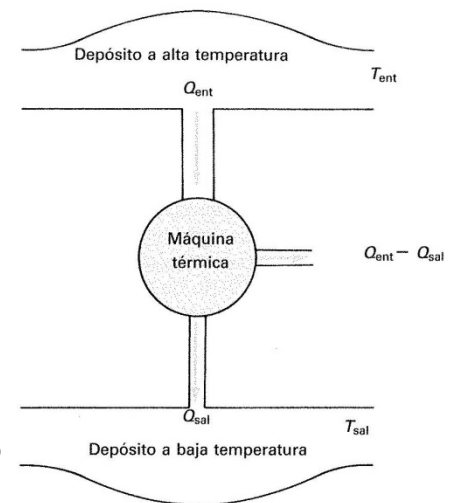


Fig. 9 Diagrama esquemático de una máquina térmica.

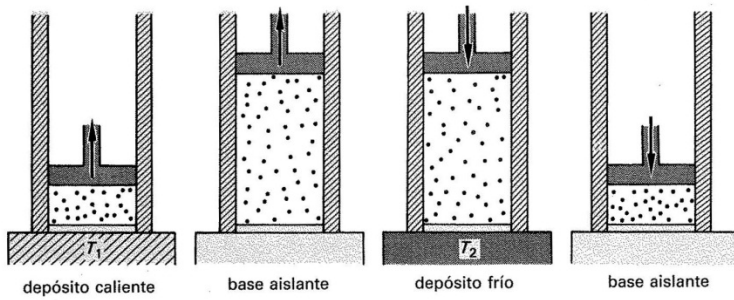


Fig. 10 Ciclo de Carnot: (a) expansión isotérmica, (b) expansión adiabática, (c) compresión isotérmica y (d) compresión adiabática.

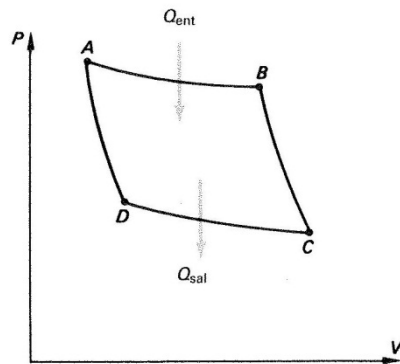


Fig. 11 Diagrama P-V de un ciclo de Carnot ideal.

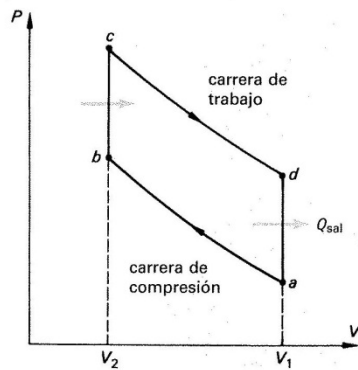


Fig. 12 Ciclo de Otto para un motor de gasolina de cuatro tiempos.

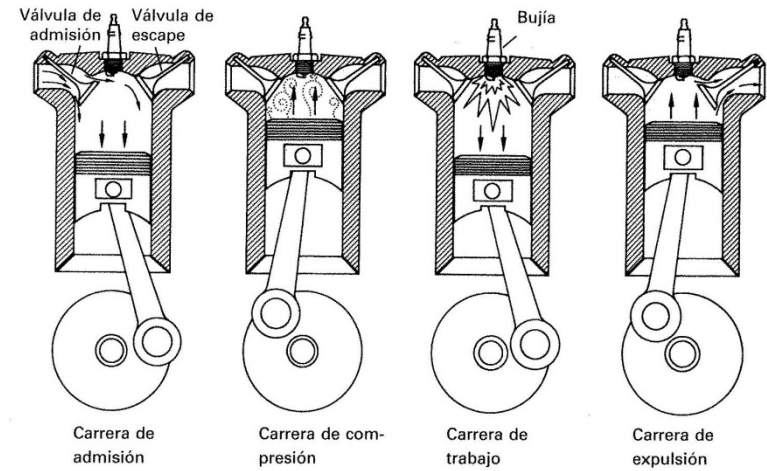


Fig. 13 Motor de gasolina de cuatro tiempos: (a) carrera de admisión, (b) carrera de compresión, (e) carrera de trabajo, (d) carrera de expulsión.

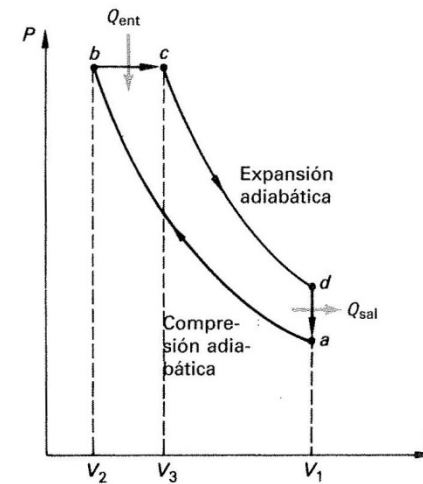


Fig. 14 Ciclo diesel ideal.

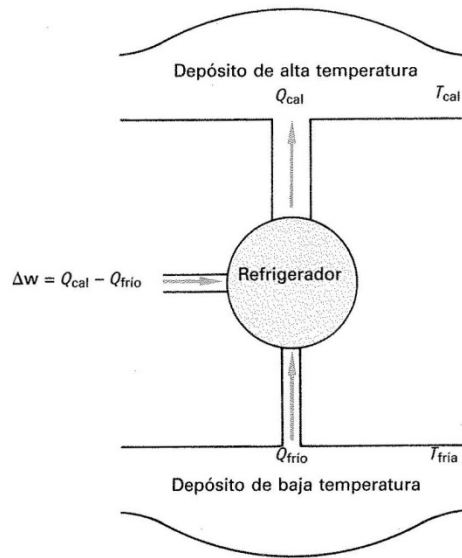


Fig. 15 Diagrama esquemático de un refrigerador.

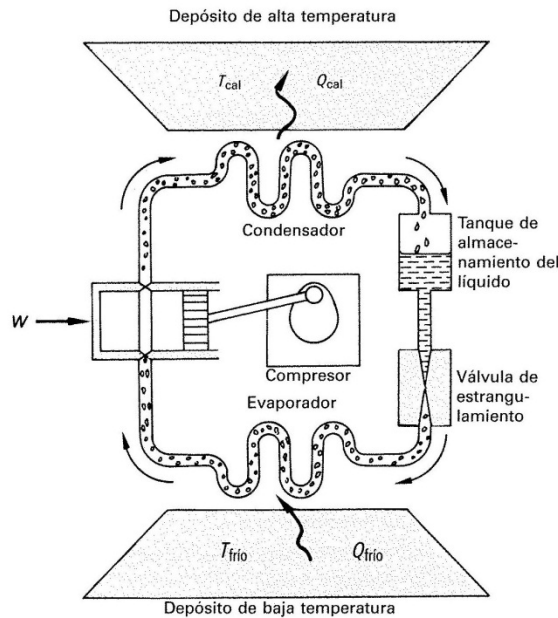


Fig. 16 Componentes básicos de un sistema de refrigeración.

EJEMPLO 1

En determinado proceso, un sistema absorbe 400 cal de calor y al mismo tiempo realiza un trabajo de 80 J sobre sus alrededores. ¿Cuál es el incremento en la energía interna del sistema?

Solución

Aplicando la primera ley, tenemos

$$\begin{aligned}\Delta U &= \Delta Q - \Delta W \\ &= 400 \text{ cal} - 80 \text{ J} \frac{1 \text{ cal}}{4.186 \text{ J}} \\ &= 400 \text{ cal} - 19.1 \text{ cal} = 380.9 \text{ cal}\end{aligned}$$

Por consiguiente, las 400 cal de energía térmica de entrada se usan para realizar 19.1 cal de trabajo, mientras la energía interna del sistema se incrementa en 380.9 cal. La energía se conserva.

EJEMPLO CONCEPTUAL 2

- ¿Cuál es la eficiencia de una máquina ideal que opera entre dos depósitos de calor a 400 y 300 K?
- ¿Cuánto trabajo realiza una máquina en un ciclo completo si se absorben 800 cal de calor del depósito a alta temperatura?
- ¿Cuánto calor es cedido al depósito de baja temperatura?

Solución (a)

La eficiencia ideal se encuentra a partir de la ecuación

$$e = \frac{T_{\text{ent}} - T_{\text{sal}}}{T_{\text{ent}}} = \frac{400 \text{ K} - 300 \text{ K}}{400 \text{ K}} = 0.25$$

Por consiguiente, la eficiencia ideal es de 25 por ciento.

Solución (b)

La eficiencia es la razón de $W_{\text{sal}}/Q_{\text{ent}}$ así que

$$\frac{W_{\text{sal}}}{Q_{\text{ent}}} = 0.25 \quad \text{o bien} \quad W_{\text{sal}} = (0.25)Q_{\text{ent}}$$

$$W_{\text{sal}} = (0.25)(800 \text{ cal}) = 200 \text{ cal}$$

Una máquina con una eficiencia del 25 por ciento entrega una cuarta parte del calor como trabajo útil. El resto debe perderse (Q_{sal}).

Solución (c)

La primera ley de la termodinámica requiere que

$$W_{\text{sal}} = Q_{\text{ent}} - Q_{\text{sal}}$$

Despejando Q_{sal} obtenemos

$$Q_{\text{sal}} = Q_{\text{ent}} - W_{\text{sal}} = 800 \text{ cal} - 200 \text{ cal} = 600 \text{ cal}$$

El trabajo de salida generalmente se expresa en joules. Haciendo la conversión a esta unidad nos queda

$$W_{\text{sal}} = (200 \text{ cal})(4.186 \text{ J/cal}) = 837 \text{ J}$$

EJEMPLO 3

Calcule la eficiencia de un motor de gasolina para el cual la razón de compresión es 8 y $\gamma = 1.4$.

Solución

A partir de la información proporcionada, observamos que

$$\frac{V_1}{V_2} = 8 \quad \text{y} \quad \gamma - 1 = 1.4 - 1 = 0.4$$

Entonces, a partir de la ecuación

$$e = 1 - \frac{1}{8^{0.4}} = 1 - \frac{1}{2.3} = 57\%$$

En este ejemplo, 57 por ciento representa la máxima eficiencia posible de un motor de gasolina con los parámetros proporcionados. En realidad, la eficiencia de una máquina así, casi siempre es de aproximadamente 30 por ciento debido a las pérdidas de calor no controladas.

ACTIVIDAD**PREGUNTAS CON ESTILO PRUEBA SABER, DEBE SELECCIONAR LA RESPUESTA Y RESOLVER EL PROBLEMA PARA VERIFICAR SI SU RAZONAMIENTO ES EL APROPIADO**

- Un sistema realiza 120 J de trabajo mientras absorbe 200 cal de calor. ¿Cuál es el cambio en la energía interna del sistema?
 - 80 cal
 - 40 J
 - 720 J
 - 40 cal
- Una máquina térmica ideal funciona entre 600 K y 300 K. ¿Cuál es su eficiencia teórica máxima?
 - 0,25
 - 0,50
 - 0,75
 - 0,20
- ¿Cuál de los siguientes factores disminuye la eficiencia teórica de un motor ciclo Otto?

- a. Aumento de la razón de compresión
 - b. Aumento del valor de γ
 - c. Disminución de la razón de compresión
 - d. Disminución de pérdidas de calor
4. En un experimento de laboratorio, un sistema absorbe 300 cal de calor mientras realiza un trabajo de 150 J. ¿Cuál es el cambio en su energía interna?
- a. 150 J
 - b. 150 cal
 - c. 1110 J
 - d. 1110 cal
5. Una máquina térmica opera entre dos depósitos térmicos a 500 K y 350 K. ¿Cuál es su eficiencia máxima teórica (ideal)?
- a. 0,15
 - b. 0,25
 - c. 0,30
 - d. 0,50
6. Un motor de gasolina tiene una razón de compresión de 6. Si $\gamma = 1.4$, ¿cuál es la eficiencia ideal del motor?
- a. 45 %
 - b. 55 %
 - c. 60 %
 - d. 65 %
7. Si un gas se comprime y se le transfiere 300 J de calor, mientras se le realiza un trabajo de -150 J (el entorno realiza trabajo sobre el gas), ¿cuál es el cambio en la energía interna?
- a. 150 J
 - b. -150 J
 - c. 450 J
 - d. -450 J
8. Una máquina térmica tiene una eficiencia del 30 % y absorbe 1200 cal. ¿Cuánto trabajo útil realiza?
- a. 840 cal
 - b. 360 cal
 - c. 900 J
 - d. 360 J
9. Si $\gamma = 1.4$ y la razón de compresión de un motor Otto es 10, ¿cuál es su eficiencia ideal aproximada?
- a. 50 %
 - b. 65 %
 - c. 72 %
 - d. 80 %
10. Un gas recibe 500 J de calor y realiza un trabajo de 200 J. Según la primera ley de la termodinámica, ¿cuál es el cambio en su energía interna?
- a. 300 J
 - b. 700 J
 - c. -300 J
 - d. -700 J
11. Una máquina térmica ideal absorbe 1000 cal de un foco caliente a 600 K y opera con una eficiencia del 40 %. ¿Cuánto trabajo realiza?
- a. 400 J
 - b. 600 cal
 - c. 400 cal
 - d. 600 J

12. Se desea construir un motor más eficiente. ¿Cuál de las siguientes opciones incrementaría la eficiencia ideal según el modelo de ciclo Otto?
- Disminuir la razón de compresión
 - Aumentar la razón de compresión
 - Aumentar el calor cedido
 - Disminuir γ
13. Un gas realiza un trabajo de 100 J mientras pierde 100 cal hacia el entorno. ¿Cuál es el cambio en la energía interna del gas?
- 520 J
 - 100 J
 - 420 J
 - 100 cal
14. Si una máquina térmica tiene una eficiencia del 25 % y realiza un trabajo de 200 J, ¿cuánto calor absorbió del foco caliente?
- 800 J
 - 500 J
 - 250 J
 - 200 J
15. ¿Cuál es la razón por la que los motores reales tienen menor eficiencia que la predicha por el ciclo Otto?
- Uso de combustibles con alta densidad
 - Limitaciones por rozamiento y transferencia de calor
 - Compresión perfecta del aire
 - Utilización de aire ideal
16. Un sistema pierde 250 cal de calor hacia el entorno y se le realiza un trabajo de 100 J. ¿Cuál es el cambio en su energía interna?
- 950 J
 - 150 J
 - 150 J
 - 950 J
17. Un sistema térmico tiene una variación de energía interna de -500 J y recibió 800 J de calor. ¿Cuánto trabajo realizó?
- 300 J
 - 300 J
 - 1300 J
 - 1300 J
18. Una máquina térmica ideal cede 600 cal al foco frío y realiza 400 cal de trabajo. ¿Cuánto calor absorbió del foco caliente?
- 1000 cal
 - 200 cal
 - 240 cal
 - 1200 cal
19. En un motor Otto ideal, si se aumenta la razón de compresión, el efecto más directo es:
- Disminuye la eficiencia
 - Aumenta la temperatura del escape
 - Aumenta la eficiencia
 - Disminuye la presión máxima
20. Si una máquina térmica extrae 500 cal del depósito de alta temperatura y su eficiencia es del 20 %, ¿cuánto calor se transfiere al depósito frío?
- 100 cal
 - 400 cal
 - 500 cal
 - 0 cal

21. Una máquina funciona entre 1000 K y 500 K. ¿Cuál es su eficiencia térmica ideal?

- a. 50 %
- b. 67 %
- c. 30 %
- d. 33 %

22. Un motor Otto opera con $\gamma = 1.4$ y una eficiencia del 60 %. ¿Cuál es la razón de compresión aproximada?

- a. 4
- b. 6
- c. 8
- d. 10

23. Una máquina térmica convierte 20 % del calor absorbido en trabajo útil. Si se absorben 2000 cal, ¿cuánto calor se desecha?

- a. 400 cal
- b. 1000 cal
- c. 1600 cal
- d. 1800 cal

24. En un motor Otto, la eficiencia depende principalmente de:

- a. El volumen de la cámara de combustión
- b. La temperatura del ambiente
- c. La razón de compresión y el valor de γ
- d. El tipo de combustible utilizado

25. Una máquina absorbe 500 cal y cede 350 cal al foco frío. ¿Qué porcentaje de eficiencia tiene?

- a. 30 %

- b. 70 %
- c. 15 %
- d. 25 %

PREGUNTAS TIPO ICFES - RAZONAMIENTO Y AFIRMACIÓN

Las preguntas tipo ICFES de Razón y Afirmación se analizan siguiendo un método lógico que evalúa la relación entre dos enunciados:

- Razón: Explica una teoría, principio o hecho relacionado con el tema.
- Afirmación: Presenta una idea basada en el concepto de la razón.

El objetivo es determinar la veracidad de cada enunciado y si la razón explica correctamente la afirmación.

PASOS PARA ANALIZAR UNA PREGUNTA DE RAZÓN Y AFIRMACIÓN

Leer atentamente ambos enunciados

- Identificar qué concepto físico describe la razón.
- Analizar si la afirmación es correcta o incorrecta según la teoría o principios físicos.

Evaluar la veracidad de cada enunciado por separado

- Preguntarse: ¿La razón es cierta? ¿La afirmación es cierta?

Determinar si hay relación causal

- Preguntarse: Si la razón es correcta, ¿explica por qué la afirmación es verdadera?

OPCIONES DE RESPUESTA Y SU SIGNIFICADO

- **Opción a:** Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
→ Ambas son correctas y hay relación causal.
- **Opción b:** Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación. → Ambas son correctas, pero no hay relación causal entre ellas.
- **Opción c:** Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa. → La razón es correcta, pero la afirmación es errónea.
- **Opción d:** Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera. → La afirmación es correcta, pero la razón no lo es.

EJEMPLO DE ANÁLISIS DE UNA PREGUNTA ICFES DE RAZÓN Y AFIRMACIÓN

Pregunta:

Se tiene un gas ideal que se expande isotérmicamente en un cilindro.

Razón: En un proceso isotérmico, la temperatura del sistema permanece constante.

Afirmación: En este proceso, la energía interna del gas aumenta.

Paso 1: Evaluar cada enunciado

◆ **Razón:** "En un proceso isotérmico, la temperatura del sistema permanece constante."

✓ Correcto, ya que por definición, un proceso isotérmico es aquel en el que la temperatura no cambia.

◆ **Afirmación:** "En este proceso, la energía interna del gas aumenta."

✗ Incorrecto, porque la energía interna de un gas ideal solo depende de la temperatura, y como la temperatura es constante, la energía interna no cambia.

Paso 2: Verificar la relación causal

Si la temperatura es constante (razón correcta), la energía interna no cambia, por lo que la afirmación es incorrecta.

✗ Respuesta correcta: Opción C (La razón es verdadera, pero la afirmación es falsa).

CONSEJOS PARA RESOLVER PREGUNTAS ICFES DE RAZÓN Y AFIRMACIÓN

- ✓ Estudia bien los conceptos físicos para identificar si cada enunciado es verdadero o falso.
- ✓ Diferencia entre correlación y causalidad, no siempre dos enunciados relacionados explican uno al otro.
- ✓ Usa ejemplos o ecuaciones para verificar la veracidad de la afirmación.
- ✓ Evita respuestas impulsivas, algunas preguntas contienen trampas conceptuales.

PREGUNTAS RAZONAMIENTO Y AFIRMACIÓN

26. Se tiene un sistema cerrado en el que se realiza un proceso adiabático.

Razón: En un proceso adiabático no hay intercambio de calor con el entorno.

Afirmación: En este proceso, cualquier cambio en la energía interna del sistema se debe únicamente al trabajo realizado sobre o por el sistema.

- a. Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
- b. Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.

- c. Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
- d. Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

27. En un proceso isotérmico, la temperatura del sistema permanece constante.

Razón: Según la primera ley de la termodinámica, el cambio en la energía interna de un sistema se relaciona con el calor absorbido y el trabajo realizado.

Afirmación: En un proceso isotérmico, la energía interna del sistema no varía.

- a. Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
- b. Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
- c. Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
- d. Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

28. El rendimiento de una máquina térmica ideal depende de las temperaturas del foco caliente y del foco frío.

Razón: La eficiencia de una máquina ideal se determina como una función de las temperaturas absolutas de entrada y salida.

Afirmación: A mayor diferencia de temperatura entre los dos focos, mayor será la eficiencia de la máquina térmica.

- a. Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
- b. Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
- c. Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
- d. Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

29. El trabajo realizado por un gas en expansión puede representarse mediante un diagrama P-V.

Razón: El área bajo la curva en un diagrama P-V representa el trabajo realizado por un gas en un proceso termodinámico.

Afirmación: En una expansión a presión constante, el trabajo realizado por el gas es igual al producto de la presión por el cambio de volumen.

- a. Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
- b. Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
- c. Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
- d. Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

30. Una máquina térmica real nunca puede alcanzar el 100% de eficiencia.

Razón: Según la segunda ley de la termodinámica, no es posible construir una máquina que transforme completamente el calor en trabajo sin pérdidas.

Afirmación: Siempre hay una fracción de calor que se debe transferir al medio ambiente, limitando la eficiencia de la máquina térmica.

- a. Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
- b. Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
- c. Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
- d. Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

31. Un motor de gasolina de cuatro tiempos convierte la energía química del combustible en energía mecánica.

Razón: Durante la carrera de trabajo, la combustión de la mezcla de aire y gasolina genera gases de alta presión que empujan el pistón.

Afirmación: El ciclo de Otto describe el comportamiento ideal de un motor de combustión interna.

- a. Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
- b. Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
- c. Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
- d. Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

32. Un refrigerador opera en sentido inverso a una máquina térmica.

Razón: En un refrigerador, el trabajo mecánico se emplea para extraer calor de un cuerpo frío y cederlo a un cuerpo más caliente.

Afirmación: El coeficiente de rendimiento de un refrigerador mide la cantidad de calor extraído del sistema en relación con el trabajo mecánico suministrado.

- a. Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
- b. Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
- c. Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
- d. Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

33. Un gas puede comprimirse de forma adiabática sin intercambio de calor con el entorno.

Razón: En una compresión adiabática, la energía del trabajo realizado sobre el gas se convierte en energía interna.

Afirmación: En un proceso de compresión adiabática, la temperatura del gas aumenta.

- a. Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
- b. Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
- c. Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
- d. Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

34. El calor solo puede transferirse espontáneamente de un cuerpo caliente a un cuerpo frío.

Razón: La segunda ley de la termodinámica establece que la entropía del universo tiende a aumentar.

Afirmación: Para que el calor fluya espontáneamente de un cuerpo frío a un cuerpo caliente, se requiere el suministro de trabajo externo.

- a. Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
- b. Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
- c. Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
- d. Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

35. Un gas ideal se expande isotérmicamente en un cilindro con émbolo móvil.

Razón: Durante una expansión isotérmica, la temperatura del gas permanece constante.

Afirmación: En este proceso, todo el calor suministrado al gas se convierte en trabajo.

- a. Si la razón es verdadera y la afirmación también, y la razón explica la afirmación.
- b. Si la razón es verdadera y la afirmación también, pero la razón no explica la afirmación.
- c. Si la razón es verdadera y la afirmación es falsa.
- d. Si la razón es falsa y la afirmación es verdadera.

RESPONDE CADA UNA DE LAS SIGUIENTES PREGUNTAS SELECCIONANDO LA OPCIÓN CORRECTA(ARGUMENTELA). SOLO HAY UNA RESPUESTA VÁLIDA PARA CADA PREGUNTA.

36. La primera ley de la termodinámica establece que:
- a. La energía interna de un sistema permanece constante en todo proceso.
 - b. El calor absorbido por un sistema es igual a la suma del trabajo realizado por el sistema y el cambio en su energía interna.
 - c. Es imposible construir una máquina térmica con eficiencia del 100%.
 - d. La entropía de un sistema aislado siempre aumenta.
37. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre el calor y el trabajo es correcta?
- a. El calor es una forma de energía que siempre se transfiere de un cuerpo frío a un cuerpo caliente.
 - b. El trabajo es la transferencia de energía que ocurre únicamente por diferencias de temperatura.
 - c. Tanto el calor como el trabajo representan formas de transferencia de energía en un sistema.
 - d. En todos los procesos termodinámicos, el calor se convierte completamente en trabajo.
38. En un proceso adiabático, se cumple que:
- a. No hay intercambio de calor con los alrededores.
 - b. La temperatura del sistema siempre permanece constante.
 - c. La energía interna del sistema no cambia.
 - d. La entropía del sistema siempre aumenta.

39. En un diagrama P-V, el área bajo la curva representa:

- a. La cantidad de calor intercambiado en el proceso.
- b. La variación de la temperatura del sistema.
- c. El trabajo realizado por el gas en el proceso.
- d. La cantidad de energía interna perdida por el gas.

40. En un proceso isotérmico, la variable que permanece constante es:

- a. La presión.
- b. El volumen.
- c. La temperatura.
- d. La energía interna.

41. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe correctamente el funcionamiento de una máquina térmica?

- a. Transforma completamente el calor absorbido en trabajo.
- b. Extrae calor de un foco caliente, realiza trabajo y libera parte del calor en un foco frío.
- c. Requiere de un refrigerante para mantener su eficiencia.
- d. No cumple con la primera ley de la termodinámica.

42. ¿Cuál de las siguientes máquinas funciona bajo un ciclo de Carnot?

- a. Un motor diésel.
- b. Un refrigerador.
- c. Un motor de combustión interna de cuatro tiempos.
- d. Una máquina térmica ideal.

43. Si un refrigerador extrae 200 J de calor de su interior y realiza un trabajo de 50 J, ¿cuánto calor libera al ambiente?

- a. 50 J
- b. 150 J

- c. 200 J
- d. 250 J

44. En un motor de gasolina de cuatro tiempos, la carrera donde se realiza trabajo útil es:

- a. Admisión.
- b. Compresión.
- c. Expansión.
- d. Escape.

45. El rendimiento de una máquina térmica se calcula como:

- a. La relación entre el calor absorbido y el calor cedido.
- b. La relación entre el trabajo útil realizado y el calor absorbido.
- c. La relación entre el calor absorbido y la temperatura del foco frío.
- d. La diferencia entre el calor cedido y el calor absorbido.

- PIME Editores, Física 1, Mecánica y Calorimetría
- www.educaplus.org [www. ibercajalav.net/](http://www.ibercajalav.net/)
- Santillana, Física 1 Nueva edición.
- Limusa Noriega Editores, Física Recreativa

BIBLIOGRAFÍA

- Mc Graw Hill Serway, Física Tomo II
- Publicaciones Cultural, Física General
- Prentice Hall, Wilson - Buffa, Física
- Editorial Voluntad Física Investiguemos
- Wikipedia. Enciclopedia libre Apuntes de Física Luis Alfredo Caro Fisicanet
- Ver FÍSICA OLIMPIADAS 11 (Editorial Voluntad) Ejercicios de página de Internet fuerzas mecánicas. Ejercicios y laboratorios virtuales