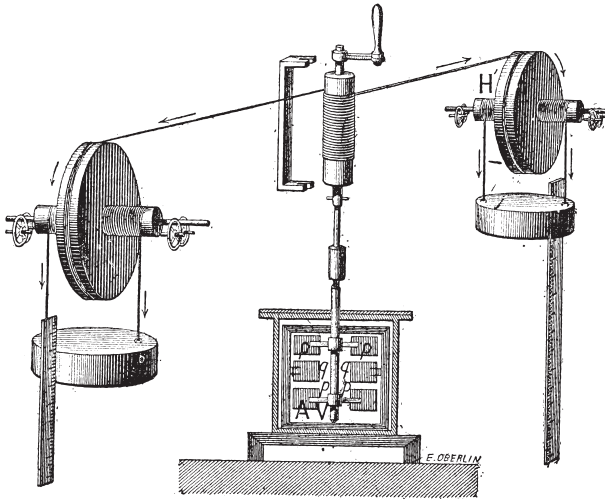


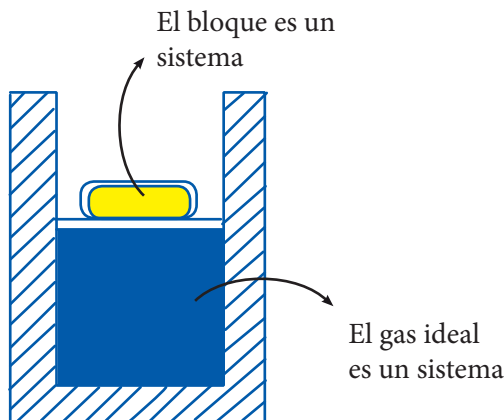


TERMODINÁMICA

¿Qué estudia la termodinámica?



El intercambio de energía entre sistemas que interactúan térmicamente. En nuestro caso, un sistema sería un gas ideal, otro sistema sería el recipiente que lo contiene, y otros sistemas serían las sustancias que rodean al gas ideal.



¿Los gases ideales tienen energía potencial?

No, porque a nivel molecular, la separación relativa entre las moléculas es muy grande, lo que significa que las interacciones entre ellas son despreciables. Como las moléculas están en constante movimiento, significa que la energía asociada a un gas ideal es cinética, luego:

$$U_{\text{Gas ideal}} = \sum E_{\text{CINÉTICA de las moléculas}}$$

Si la temperatura de un gas ideal se incrementa, sus moléculas presentan mayor rapidez (V) y, por lo tanto, mayor energía cinética, lo que significa mayor energía interna.

Conceptos preliminares

1. Sistema termodinámico

Porción de materia que separemos imaginariamente del medio externo a ella y la cual interactúa con su medio ambiente y como consecuencia se da una transferencia de calor.

2. Sustancia de trabajo

Sustancia empleada como medio de transporte del calor, así como de intermediario en la transformación de calor en trabajo. Usualmente es un gas.

3. Energía interna (U)

Es aquella energía de un cuerpo que está relacionada con el movimiento térmico de las moléculas que lo forman.

Si no hay cambio de fase, la energía interna es una función de la temperatura absoluta, por lo que el cambio de energía interna solo depende de la temperatura del estado final y la del estado inicial, pero no de la forma como se ha pasado de estado inicial al final.

4. Proceso termodinámico

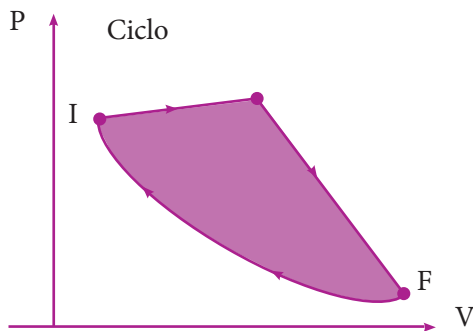
Es la sucesión de estados por los cuales se hace pasar un sistema, con la finalidad de transformar calor en trabajo.

El estado de un sistema está determinado por el conjunto de propiedades que posee en un momento dado. Estas propiedades se determinan por ciertas magnitudes, que determinan el comportamiento del sistema, denominadas «variables de estado».

5. Ciclo termodinámico

Es una sucesión de procesos, la cual permite evolucionar a un sistema de estado inicial (I) hacia un estado final (F) y volver al inicial, de manera que, durante la realización del ciclo, parte del calor suministrado se convierte en trabajo.

Como el sistema vuelve a su estado inicial se tiene que el cambio neto de energía interna es nulo y el trabajo neto, la suma de los trabajos realizados en cada uno de los procesos. El trabajo neto se representa por el área encerrada por el ciclo en el plano P vs V.



Primera ley de la termodinámica

En todo proceso termodinámico se cumple que la cantidad de calor que se entrega o sustrae a un sistema es igual al trabajo realizado por o sobre el sistema más el cambio correspondiente de energía interna (ΔU).

$$Q = W + \Delta U$$

Calores específicos de los gases

El calor necesario para elevar la temperatura de un gas depende de cómo se halle confinado. Por ejemplo, si el volumen se mantiene constante, el calor recibido por el gas se convierte totalmente en energía interna, elevando por lo tanto la temperatura. Debido a esto, para un gas se distinguen 2 calores específicos:

c_v : calor específico a volumen constante.

c_p : calor específico a presión constante

Para el caso de gases es usual emplear el número de moles en vez de la masa, razón por la cual se define el calor específico molar:

$$C = \frac{\text{Cantidad de calor (Q)}}{[(N^\circ \text{ de moles (n)})\Delta T]}$$

Cumpléndose que $C = \bar{M} C$ (\bar{M} : masa molar)

Para un gas dado se cumple:

$$(1) C_p > C_v \quad (2) C_p = C_v + R$$

(3) Coeficiente adiabático (γ)

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{c_p}{c_v} > 1$$

Gases monoatómicos: $\gamma = 5/3$

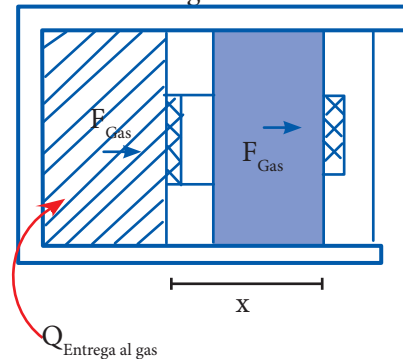
Gases diatómicos: $\gamma = 7/5$

¿Cómo podemos variar la energía interna de un gas ideal?

Variando su temperatura, lo cual se logra suministrándose o extrayéndose energía.

Casos

a) Transfiriéndose energía en forma de calor.

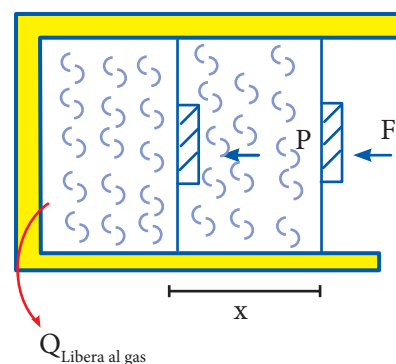


Se cumple:

$$Q_{\text{Entrega al gas}} = \Delta U_{\text{Experimenta al gas}} + W_{\text{Realiza gas}}$$

(1.ª ley de la termodinámica)

b) Transfiriéndole energía, mediante trabajo realizado



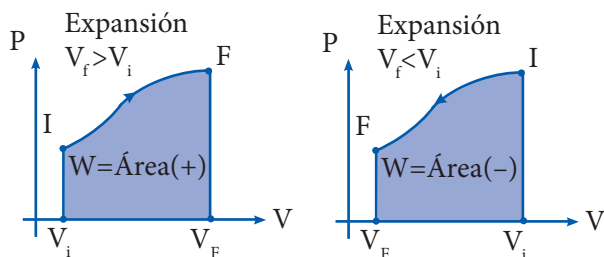
Se cumple:

$$E_{\text{su minitra}} = \Delta U_{\text{del gas}} + Q_{\text{libera el gas}}$$

$\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{W_F}$

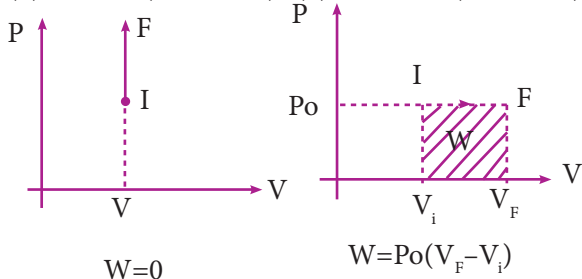
Trabajo realizado por un gas ideal

Cuando un gas confinado en un recipiente experimenta un proceso de expansión o compresión desarrolla o consume respectivamente un trabajo el cual depende de la forma como varíe la presión y volumen del gas, es decir del proceso realizado. Para cualquier proceso el trabajo queda representado por el área encerrado por la gráfica del proceso en el plano P-V y el eje de los volúmenes, teniéndose los casos:

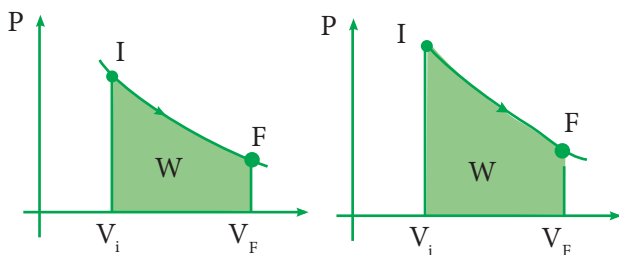


Procesos termodinámicos simples

(1) Isócoro ($V=Const.$) (2) Isobárico ($P=Const.$)



(3) Isotérmico ($T=Const.$) (4) Adiabático ($Q=0$)



$$W = 2.3P_i V_i \text{Log} \left(\frac{V_F}{V_i} \right) \quad W = \frac{P_F V_F - P_i V_i}{1 - \gamma}$$

$$W = P_i \cdot V_i \text{Ln} \left(\frac{V_F}{V_i} \right)$$

Observaciones

- Como el cambio de energía interna solo depende del estado final e inicial, siempre se puede relacionar con el cambio de energía interna en un proceso isocoro entre las mismas temperaturas:

$$\Delta U = Q_v = C_v n (T_F - T_i)$$
- La isoterma (en el plano P-V) es una curva simétrica respecto a la bisectriz del primer cuadrante.
- La adiabática es una curva más inclinada que la isoterma, es decir, su pendiente varía más rápidamente.

Máquinas térmicas y la segunda ley de la termodinámica

¿Qué es una máquina térmica?

Es un dispositivo que convierte energía térmica en otras formas útiles de energía, como las energías eléctrica y mecánica.

Está diseñada con la finalidad de transformar calor en trabajo, para lo cual la máquina sigue un ciclo termodinámico.

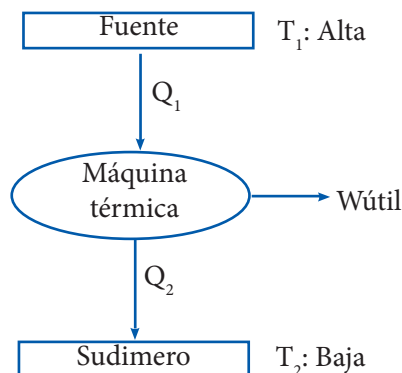
¿Cuál es la función de una máquina térmica?

Que una sustancia de trabajo recorra un proceso cíclico durante el cual ocurre lo siguiente:

- Se absorbe calor de una fuente a alta temperatura.
- La máquina realiza un trabajo, y
- Libera calor a una fuente de temperatura más baja.

En una máquina de vapor, como ejemplo de un proceso cíclico, el agua es la sustancia de trabajo.

Toda máquina térmica se puede representar por el esquema:



Donde se tiene que el trabajo neto:

$$W \leq Q_1 - Q_2$$

Donde la desigualdad caracteriza las máquinas reales y la igualdad a las perfectas o ideales.

Eficiencia térmica (n)

La eficiencia de una máquina térmica (E) se obtiene mediante la relación entre el trabajo realizado y la energía recibida del foco caliente.

$$n_{MAQ.} = \frac{W_{UTIL}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Segunda ley de termodinámica

Como se ha visto, la primera ley es una aplicación de la conservación de la energía, pero no afirma nada respecto al curso que toman los acontecimientos en el universo. Se conserva la energía cuando cae una piedra y su energía potencial gravitatoria se transforma en cinética. Pero al chocar la piedra con el suelo y al llegar al reposo, su energía cinética se transforma en energía térmica.

Sin embargo, una piedra que se encuentra en reposo sobre el suelo, nunca cambia la energía térmica de ella y de la vecindad en energía cinética, y sale disparada hacia arriba. La primera ley no excluye esta posibilidad, ya que este proceso inverso también conserva la energía. Pero tal proceso no ocurre.

Hay otros procesos en el universo que no están excluidos por la primera ley. Por ejemplo, en forma espontánea, el calor fluye de un cuerpo caliente a otro frío, pero no espontáneamente del cuerpo frío al caliente. Esto nos indica que en la naturaleza los procesos se presentan en una sola dirección en forma espontánea; la segunda ley ha sido formulada en varias formas, todas ellas equivalentes. Una de las más antiguas establece:

El calor fluye espontáneamente de un objeto caliente a otro frío y no a la inversa. En virtud de esto, es imposible que en un proceso cíclico se transfiera calor de un cuerpo de baja temperatura a un cuerpo de alta temperatura, a menos que se efectúe un trabajo externo sobre el sistema que efectúa el ciclo.

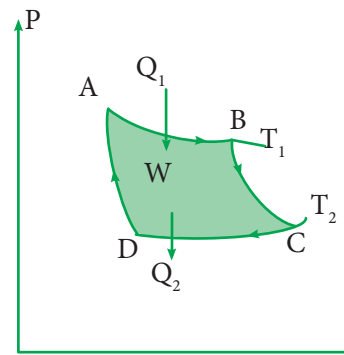
Conclusiones de la segunda ley de la termodinámica

1. Una máquina térmica no puede tener un rendimiento del 100%. (Kelvin - Planck).
2. Es imposible para cualquier proceso tener como único resultado la transferencia de calor desde un cuerpo frío a uno caliente.

Ciclo de Carnot

Ciclo teórico que le permite a una máquina ideal transformar la mayor cantidad de calor en trabajo, es decir, es el ciclo de máxima eficiencia.

Está constituido por dos procesos isotérmicos y dos adiabáticos.



- A → B: proceso isotérmico
- B → C: Proceso adiabático
- C → D: Proceso isotérmico
- D → A: Proceso adiabático

Cuando una máquina térmica trabaja con este ciclo, obtiene un trabajo neto máximo, con una cantidad de calor suministrada a la sustancia de trabajo. Se observa que en este ciclo $\Delta U = 0$. La eficiencia máxima que se logra en este ciclo se determina por:

$$n_{\text{máx.}} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Además:

$$W_{\text{neto}} = Q_1 - Q_2$$

Advertencia pre

Tener siempre en cuenta las unidades con las cuales se está trabajando y en el caso de gráficas, observar el sentido del proceso, es decir, si es una expansión o compresión.

Trabajando en clase

Integral

1. En cierto proceso químico, un técnico de laboratorio suministra 420 J de calor a un sistema. Si se observa que la energía interna del sistema aumenta en 80 J, ¿cuál es el trabajo realizado por el sistema?

Resolución:

$$Q = W + \Delta U$$

$$420 = W + 80$$

$$W = 340 \text{ J}$$

2. En cierto proceso químico, un técnico de laboratorio suministra 320 J de calor a un sistema. Si se observa que la energía interna del sistema aumenta en 90 J, ¿cuál es el trabajo realizado por el sistema?

3. Un gas encerrado recibe 1200 calorías y su energía interna aumenta 320 J. ¿Qué trabajo realiza el gas? (1 J = 0,24 cal)

4. A un gas perfecto se le suministra 200 J de calor isotérmicamente. Halla el trabajo que desarrolla el gas.

UNMSM

5. Un sistema termodinámico evoluciona desde un estado (1), $P_1 = 20 \text{ KN/m}^2$; $V_1 = 3 \text{ m}^3$, hasta un estado (2), $V_2 = 10 \text{ m}^3$, isobáricamente. Si recibe una cantidad de calor $Q = 100 \text{ KJ}$, halla el cambio de energía interna del sistema.

Resolución:

$$W = P\Delta V$$

$$\Rightarrow W = 20 \cdot 10^3 \cdot (10 - 3) = 14 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$Q = W + \Delta U$$

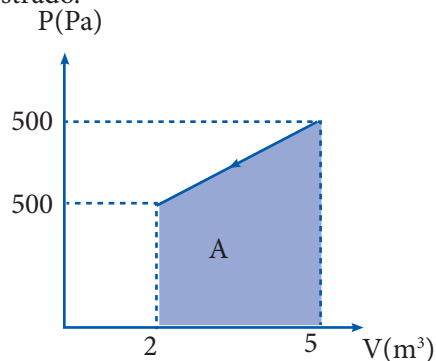
$$100 \cdot 10^3 = 140 \cdot 10^3 + \Delta U$$

$$\Delta U = -40 \cdot 10^3 \text{ J}$$

6. Un sistema termodinámico evoluciona desde un estado (1), $P_1 = 10 \text{ KN/m}^2$; $V_1 = 2 \text{ m}^3$, hasta un estado (2), $V_2 = 8 \text{ m}^3$, isobáricamente. Si recibe una cantidad de calor $Q = 100 \text{ KJ}$, halla el cambio de energía interna del sistema.

7. Un gas, en un cilindro, se mantiene a presión constante de $2,60 \times 10^5 \text{ Pa}$ mientras se enfría y se comprime de $1,801 \text{ m}^3$ a $1,50 \text{ m}^3$. La energía interna del gas disminuye $1,40 \times 10^5 \text{ J}$. Halla el calor que entra o sale del gas.

8. Halla el trabajo realizado por el gas en el proceso mostrado.



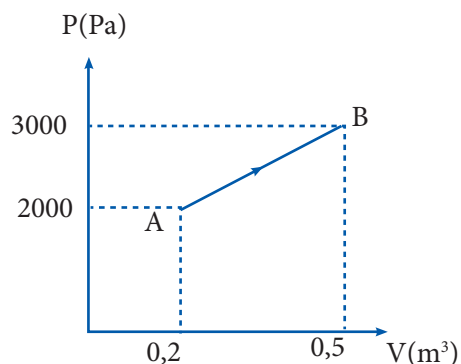
Resolución:

$$W = -\text{área (compresión)}$$

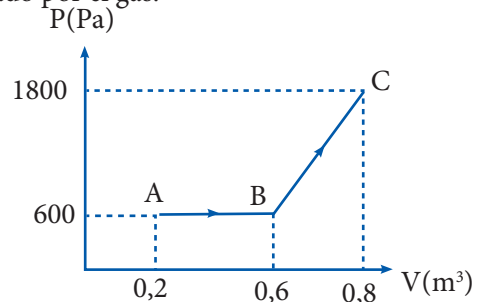
$$W = -\left(\frac{300+500}{2}\right) \cdot 3$$

$$W = -1200 \text{ J}$$

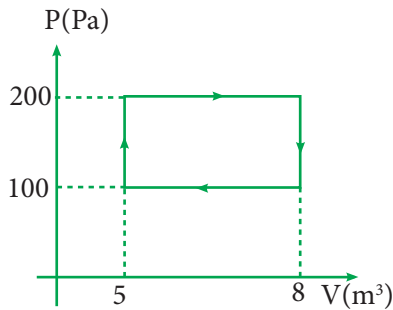
9. En el diagrama P-V, se muestra el proceso de A hacia B de un gas ideal. Calcula el trabajo realizado por el gas.



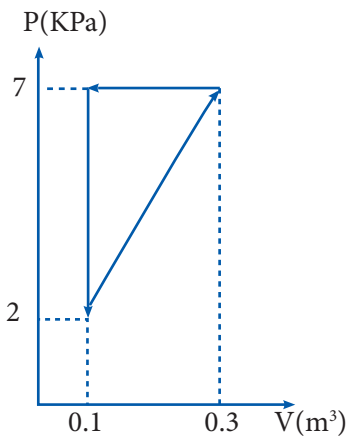
10. Un gas sufre la transformación termodinámica ABC mostrada en la figura. Halla el trabajo realizado por el gas.



11. Calcula el trabajo neto que se realiza en el ciclo mostrado.

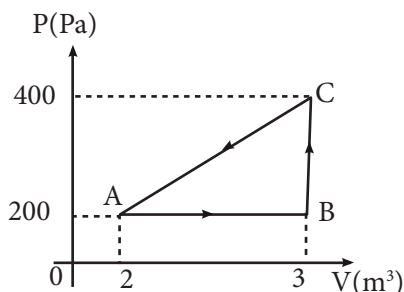


12. Halla el trabajo realizado en el ciclo termodinámico.



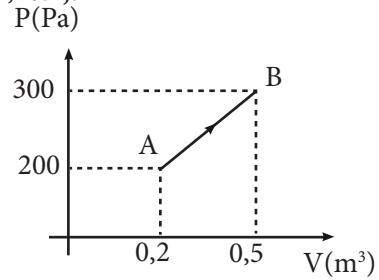
13. Un gas experimenta el proceso termodinámico ACB mostrado en el gráfico P-V. Si el sistema absorbe 400 J de calor, calcula:

- El trabajo realizado al pasar del estado A al estado C.
- La energía interna en «C», si la energía interna en A es de 150 J.



14. En el diagrama (P-V), se muestra el proceso de

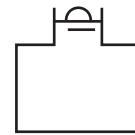
A hasta B de un gas ideal cuando recibe 300 cal. Encuentra el incremento de su energía interna. $1 \text{ cal} = 4,187 \text{ J}$.



UNI

15. En el sistema termodinámico mostrado, se produce un proceso isotérmico. Si el pistón de peso despreciable desciende 20 cm por acción de la carga $Q = 40 \text{ N}$, determina el calor que disipa el gas al medio ambiente.

Resolución:



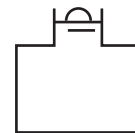
Proceso isotérmico:

$$Q = W$$

$$W = -F \cdot d = -40 \cdot 20 \cdot 10^{-2} = -8 \text{ J}$$

$$\Rightarrow Q = -8 \text{ J}, \text{ entonces disipa } 8 \text{ J}$$

16. En el sistema termodinámico mostrado, se produce un proceso isotérmico. Si el pistón de peso despreciable, desciende 10 cm por acción de la carga $Q = 50 \text{ N}$. Determina el calor que disipa el gas al medio ambiente.



17. Un niño comprime el pistón lentamente con una fuerza constante de 250 N, disminuyendo el volumen del recipiente en 10^{-3} m^3 ; debido a ello el recipiente libera 5 cal. Determina el incremento de energía si el pistón tiene una sección recta de 10^{-2} m^2 .



18. Halla el volumen en C si la temperatura en A es de 300 K.

