

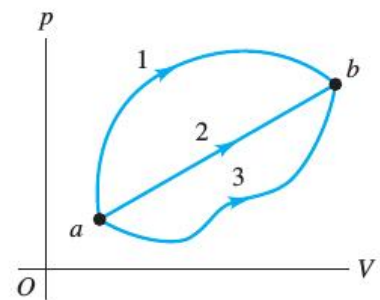
Guía 11: Primera Ley: W , Q y energía interna

- ① Para los siguientes procesos, discuta si el trabajo efectuado por el sistema (definido como un gas que se expande o se contrae) sobre el ambiente es positivo o negativo:
- la expansión de una mezcla aire-gasolina quemada en el cilindro de un motor de automóvil;
 - la apertura de una botella de gaseosa;
 - el llenado de un tanque de buceo con aire comprimido;
 - la abolladura parcial de una botella de agua vacía y cerrada, al conducir descendiendo desde las montañas hacia el nivel del mar.

- ②
- Durante una compresión isotérmica de gas ideal, es preciso extraer una cantidad Q de calor al gas para mantener la temperatura constante. ¿Cuánto trabajo efectúa el gas durante el proceso?
 - Un gas con comportamiento ideal se expande mientras la presión se mantiene constante. Durante este proceso ¿entra calor al gas o sale de él?
 - Fluye calor Q hacia un gas monoatómico con comportamiento ideal y el volumen aumenta mientras la presión se mantiene constante. ¿Qué fracción de la energía calorífica se usa para efectuar el trabajo de expansión del gas?

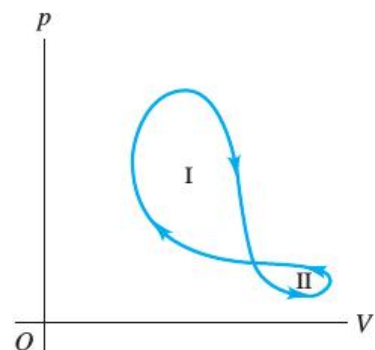
- ③ Las tres trayectorias que se muestran en la figura llevan a un sistema termodinámico desde el estado a hacia el b .

- ¿Por cuál trayectoria el trabajo efectuado por el sistema es máximo? ¿Y menor?
- Si $U_b > U_a$, ¿por cuál trayectoria es mayor el valor absoluto $|Q|$ de la transferencia de calor? En esa trayectoria, ¿el sistema absorbe o desprende calor?



- ④ Un sistema termodinámico sufre un proceso cíclico como se muestra en la figura. El ciclo consiste en dos lazos cerrados, el lazo I y el lazo II.

- En cada lazo, I y II, ¿el trabajo neto efectuado por el sistema es positivo o negativo?
- Durante un ciclo completo, ¿el sistema efectúa trabajo positivo o negativo?
- Durante un ciclo completo, ¿entra calor en el sistema o sale de él?
- En cada lazo, I y II, ¿entra calor en el sistema o sale de él?



- ⑤ Un mol de gas ideal se expande irreversiblemente en contacto con una fuente de calor a $T = 373 \text{ K}$ contra una presión exterior constante de 5 atm , partiendo del estado en que la presión termodinámica es de 10 atm , hasta llegar al volumen de equilibrio.

- Calcule el trabajo realizado por el gas.

- (b) Calcule ahora ese trabajo, en el caso en que el gas se expanda reversiblemente.
- (c) Calcule el calor recibido por el gas, de la fuente, en cada caso.
- (d) Calcule la variación de energía interna del gas.
- ⑥ Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1 m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea 0.4 m^3 . Calcule cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas:
- (a) Si el proceso es isotérmico reversible.
- (b) Si el proceso es a presión constante igual a P_{ext} .
- (c) Si el proceso es adiabático reversible.
- ⑦ Calcular el trabajo realizado y el calor absorbido (o entregado) por 1 m^3 de gas ideal monoatómico a presión atmosférica cuando se lo somete a los siguientes procesos:
- (a) desde las condiciones iniciales se comprime el gas de manera reversible hasta 20 veces la presión inicial, manteniendo la temperatura constante.
- (b) desde las condiciones iniciales se calienta el gas a volumen constante hasta 20 veces la presión inicial. Luego se lo lleva reversiblemente, a presión constante, hasta el volumen final del caso anterior.

Realice el diagrama $p - V$ en cada caso.

- ⑧ La temperatura de 5 kg de N_2 gaseoso se eleva desde 10°C a 130°C .
- (a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.
- (b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.

Los calores específicos del gas N_2 son: $C_p = 0.248 \text{ kcal/kg} \cdot \text{K}$; $C_v = 0.177 \text{ kcal/kg} \cdot \text{K}$.

- ⑨ Un gas tiene la siguiente ecuación de estado:

$$P = \frac{RT}{V} \left(1 + \frac{aT}{V} \right)$$

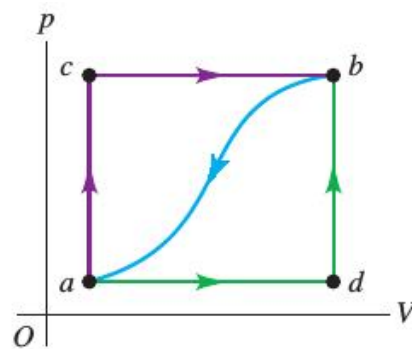
con $a = cte$, siendo su energía interna

$$U(V, T) = U_0(T) - Ra \frac{T^2}{V}$$

- (a) Halle el trabajo entregado por el gas durante una expansión isotérmica reversible desde V_0 a $3V_0$.
- (b) Idem, durante una expansión isotérmica contra una presión exterior constante P_{ext} menor que $P(3V_0, T)$, desde V_0 hasta $3V_0$.
- (c) Halle la variación de energía interna del gas y los calores absorbidos en los casos (a) y (b).

- 10) Cuando un sistema se lleva del estado a al b por la trayectoria acb , 90 J de calor entran en el sistema y éste efectúa 60 J de trabajo.

- (a) ¿Cuánto calor entra en el sistema por la trayectoria adb si el trabajo efectuado por el sistema es de 15 J?
- (b) Cuando el sistema regresa de b a a siguiendo la trayectoria curva, el valor absoluto del trabajo efectuado por el sistema es de 35 J. ¿El sistema absorbe o desprende calor? ¿Cuánto?
- (c) Si $U_a = 0$ J y $U_b = 8$ J, ¿cuánto calor se absorbe en los procesos ad y db ?



- 11) Un gas experimenta una transformación que lo lleva de un estado inicial caracterizado por P_i, V_i a un estado final caracterizado por P_f, V_f . Discuta en cuáles de los siguientes casos la variación de entalpía es igual al calor absorbido por el gas durante la transformación. Justifique analizando detalladamente cada caso:

- (a) $P_i \neq P_f$; la transformación ocurre en forma reversible.
- (b) $P_i \neq P_f$; la transformación ocurre en forma irreversible.
- (c) $P_i \neq P_f$; la transformación ocurre en forma reversible y el sistema está sometido a presión externa variable.
- (d) $P_i = P_f$; la transformación ocurre en forma reversible y el sistema está sometido a una presión exterior constante.
- (e) $P_i = P_f$; la transformación ocurre en forma irreversible y el sistema está sometido a una presión exterior constante.
- (f) Verifique sus respuestas anteriores para el caso de un gas ideal, imaginando cada uno de los procesos y realizando el cálculo de Q y H .

- 12) La capacidad calorífica molar a volumen constante de cierto gas con comportamiento ideal es C_V . Una muestra de este gas ocupa inicialmente un volumen V_0 a una presión p_0 y una temperatura T_0 . El gas se expande isobáricamente a un volumen $2V_0$ y luego se sigue expandiendo adiabáticamente hasta un volumen final de $4V_0$.

- (a) Dibuje una gráfica $p - V$ para esta sucesión de procesos.
- (b) Calcule el trabajo total efectuado por el gas en esta sucesión de procesos.
- (c) Calcule la temperatura final del gas.
- (d) Determine el valor absoluto $|Q|$ del calor que entra o sale del gas durante esta sucesión de procesos, e indique la dirección del flujo de calor.

- 13) Un mol de gas se halla encerrado en un cilindro provisto de un pistón. El cilindro y el pistón son adiabáticos. En el estado inicial el pistón se halla trabado, el volumen es $V_A = 2$ litros, la temperatura $T_A = 300$ K y la presión $P_A = 5.5$ atm. El gas se expande contra una presión nula. Cuando el volumen llega a $V_B = 2V_A$, se traba nuevamente el pistón. La ecuación de estado del gas es: $P(V, T) = nRTV^{-1} - aV^{-2}$. La energía interna está dada por: $U(T, V) = 2.5nRT - aV^{-1}$.

- (a) ¿Es reversible el camino entre A y B ? Justifique su respuesta.

- (b) ¿Cuánto vale ΔU ? ¿Por qué?
- (c) Calcule T_B y P_B .
- (d) Calcule la variación de entalpía entre A y B . ¿Coincide este valor con el calor intercambiado?
- (e) Calcule los calores específicos del gas.

Optativos

- 14** Un mol de gas ideal ($C_p = 7/2 R$), inicialmente a T_i y P_i se expande adiabática e irreversiblemente contra una presión exterior constante P_{ext} , hasta que se alcance el volumen de equilibrio.
- (a) Expresé W y ΔU en términos de los datos y el V_f desconocido. ¿Por qué NO vale $P_i V_i^\gamma = P_f V_f^\gamma$?
 - (b) Defina Δ tal que $P_{ext}/P_i = 1 - \Delta$, y exprese T_f en términos de V_f y Δ .
 - (c) Halle V_f como función de V_i y Δ , y T_f como función de T_i y Δ .
 - (d) Partiendo del mismo estado inicial, se realiza una expansión adiabática reversible hasta un volumen V'_f , de equilibrio con la P_{ext} . Halle V'_f en función de V_i y Δ , y T'_f en función de T_i y Δ .
 - (e) Suponga $\Delta \ll 1$, y muestre que, a primer orden, $T_f \approx T'_f$, y que $V_f \approx V'_f$.
 - (f) Haga ahora $\Delta = 0.5$ ($P_i = 2P_{ext}$) y calcule en forma exacta V_f , V'_f , T_f y T'_f , usando (d). Ubique los estados iniciales y finales en un diagrama $P_{ext} - V$, y marque los trabajos si $P_{ext} = 1 \text{ atm}$ y $T_i = 273 \text{ K}$.
- 15** Un cilindro vertical de radio r contiene una cantidad de gas ideal, y está provisto de un pistón con masa m que puede moverse libremente. El pistón y las paredes del cilindro carecen de fricción, y el cilindro completo se coloca en un baño a temperatura constante. La presión del aire exterior es p_0 . En equilibrio, el pistón está a una altura h sobre la base del cilindro.
- (a) Calcule la presión absoluta del gas atrapado bajo el pistón cuando está en equilibrio.
 - (b) Se tira del pistón para subirlo una distancia corta y después se suelta. Determine la fuerza neta que actúa sobre el pistón cuando su base está a una distancia $h + \delta h$ sobre la base del cilindro, donde $\delta h \ll h$.
 - (c) Después de que el pistón se desplaza del equilibrio y se suelta, oscila verticalmente. Calcule la frecuencia de estas pequeñas oscilaciones. Si el desplazamiento no es pequeño, ¿las oscilaciones son armónicas simples?

