

BASES FÍSICAS DEL MEDIO AMBIENTE. CURSO 2009/2010

Termodinámica

1. Un coche de 1400 kg viaja a 80 km/h. De repente, se aplican los frenos y queda quieto. Si el calor específico del acero es 0.11 cal/g.K, ¿cuál debe ser la masa total de acero contenida en los tambores de freno para que su temperatura no se eleve más de 120°C?
2. ¿Cuántas calorías deben suministrarse a 60 g de hielo a -10 °C para fundirse y subir la temperatura del agua a 40°C?
3. Un jarro de limonada ha estado sobre una mesa de picnic durante todo el día a 33°C. En un momento dado, se vierten en un vaso 0.24 kg de la misma y se añaden dos cubitos de hielo (cada uno de 0.025 kg a 0°C). (a) Suponiendo que el sistema está prácticamente aislado del exterior, ¿cuál es la temperatura final de la limonada? (b) ¿Cuál es la temperatura final si se añaden 6 cubitos de hielo?. Suponer que la limonada tiene el mismo calor específico que el agua.
4. Se colocan 200 g de hielo a 0°C en 500 g de agua a 20 °C. El sistema está en un recipiente de calor específico despreciable y aislado térmicamente del exterior. (a) ¿Cuál es la temperatura final de equilibrio del sistema? (b) ¿Cuánto hielo se ha fundido?.
5. Un calorímetro de masa despreciable contiene 1 kg de agua a 303 K y 50 g de hielo a 273 K. Encontrar la temperatura final. Resolver el mismo problema si la masa de hielo es de 500 g.
6. Una bala de plomo inicialmente a 30°C se funde justamente al alcanzar un objetivo. Suponiendo que toda la energía cinética inicial de la bala se transforma en aumentar su energía interna para aumentar su temperatura y luego fundirse, calcular la velocidad de impacto de la bala. Datos: Punto de fusión del plomo 600 K; calor latente de fusión 24.7 kJ/kg.
7. Un mol de gas ideal se expande isotérmicamente desde una presión de 3 atm y volumen de 1 L hasta que su volumen es de 3 L y su presión es de 1 atm. Después es calentado a volumen constante hasta que su presión es de 2 atm. (a) Dibujar en un diagrama PV este proceso y calcular el trabajo realizado por el gas., (b) Si la energías interna inicial y final son 456 J y 912 J, respectivamente, encontrar el calor absorbido por el gas.
8. Un mol de gas ideal es calentado de forma que $T=AP^2$, donde A es una constante. La temperatura cambia desde T_0 hasta $4T_0$. Encontrar el trabajo realizado por el gas.
9. Un mol de gas ideal ($\gamma = \frac{5}{3}$) se expande adiabáticamente de forma cuasiestática desde una presión de 10 atm y temperatura $T=0^\circ C$ a una presión de 2 atm. Encontrar (a) los volúmenes inicial y final, (b) la temperatura final, y (c) el trabajo realizado por el gas.
10. La mitad de un mol de Helio (gas ideal) se expande adiabáticamente de forma cuasiestática desde una presión de 5 atm y temperatura $T=500$ K a una presión de 1 atm. Encontrar (a) la temperatura final, (b) el volumen final, (c) el trabajo realizado por el gas, y (d) el cambio en la energía interna del gas.
11. Un mol de N_2 ($C_V = \frac{5}{2}R$) gaseoso está a temperatura ambiente (20°C) y presión de 5atm. Se expande adiabáticamente de forma cuasiestática hasta la presión ambiente de 1 atm. Después es calentado a presión constante hasta que su temperatura es de 20°C. Durante este calentamiento el gas se expande. Después de alcanzar la temperatura ambiente el gas es calentado a volumen constante hasta que su presión sea de 5 atm. Después es comprimido hasta regresar a su estado original. (a) Construir un diagrama PV mostrando cada uno de los procesos en el ciclo. (b) A partir del gráfico y de modo aproximado determinar el trabajo realizado por el gas en el ciclo. (c) ¿Cuánto calor ha absorbido o cedido el gas durante el ciclo. (d) Calcula de nuevo el trabajo realizado por el gas a partir de cada parte del ciclo y comprueba el cálculo realizado en el apartado (b).
12. Determinar la ecuación de las adiabáticas para n moles de un gas ideal cuyo calor específico a volumen constante C_V varía con la temperatura en la forma $C_V(T) = a + bT$, donde a y b son constantes.
13. Un motor trabaja con 1 mol de gas ideal para el cual $C_v = \frac{3}{2}R$ y $C_p = \frac{5}{2}R$. El ciclo empieza a $P_1=1$ atm y $V_1=24.6$ L. El gas es calentado a volumen constante a $P_2=2$ atm. Después se expande a presión constante hasta $V_2=49.2$ L. Durante estos dos procesos, el gas absorbe calor. El gas es después enfriado a volumen constante hasta que su presión es de nuevo de 1 atm. Después es comprimido hasta su estado original. Durante los dos

últimos procesos, el gas ha cedido calor. Todos los procesos son cuasiestáticos y reversibles. (a) Mostrar este ciclo en un diagrama PV. Encontrar el trabajo realizado, el calor absorbido, y el cambio en la energía interna del gas en cada uno de los procesos del ciclo. (b) Determinar la eficiencia del ciclo.

14. Sea un mol de un gas ideal monoatómico de volumen inicial $V_1=25$ L y presión $P_1=100$ kPa. Describe un ciclo de tres procesos: (i) Pasa de P_1 a $P_2=200$ kPa a volumen constante, (ii) a través de una isoterma, desde (P_2, V_1) a $(P_1, 2V_1)$, y (iii) vuelta al estado inicial. Encontrar (a) la temperatura en cada estado del ciclo, (b) el calor en cada parte del ciclo, y (c) la eficiencia del ciclo.
15. a) Un gas ideal realiza un proceso durante el cual la presión P y el volumen V cumplen la ley $P\sqrt{V} = C$, donde C es una constante. Si el volumen del gas disminuye en dicho proceso, ¿que le sucede a la temperatura?
 b) Consideremos un mol de gas ideal que inicialmente está a una presión $P_1 = 1\text{atm}$ y un volumen $V_1 = 10\text{L}$. Posteriormente realiza una expansión cuasiestática hasta $V_2 = 20\text{L}$ siguiendo la ley $P\sqrt{V} = C$. Determinar:
- La presión y temperatura finales.
 - El trabajo realizado, el calor y la variación de energía interna.
 - Si el proceso es reversible, la variación de entropía del gas.
16. Un gas no ideal describe un ciclo formado por dos isotermas y dos isósteras (transformación a volumen constante). La ecuación de estado de dicho gas es $p(V - V_0) = 0,2T$, donde V_0 es una constante. La relación de los volúmenes extremos V_1 y V_2 en dicha transformación es tal que

$$\frac{V_1 - V_0}{V_2 - V_0} = \sqrt{e},$$

y la de las temperaturas T_1 y T_2 de las isotermas es $T_1/T_2 = 2$. El trabajo realizado en el ciclo es de 35 julios. Determinar las temperaturas T_1 y T_2 .

17. En un día húmedo, el vapor de agua condensa sobre una superficie fría. Durante la condensación, la entropía del agua (a) aumenta, (b) permanece constante, (c) disminuye, (d) puede disminuir o permanecer inalterada.
18. Una pieza de 100 g de hielo a 0°C es colocada en un recipiente térmicamente aislado con 100 g de agua a 100°C . (a) cuando se establece el equilibrio térmico, ¿cuál es la temperatura final del agua?, despreciar la capacidad calorífica del recipiente, (b) encontrar el cambio en la entropía del universo en este proceso.
19. Si 2 kg de una pieza de plomo a 100°C se dejan caer en un lago a 10°C , encontrar el cambio en la entropía del universo.
20. Utilizando la ecuación para el cambio de la entropía en un gas ideal cuando cambian el volumen y la temperatura y suponiendo que $TV^{\gamma-1}$ es constante, mostrar que en una expansión adiabática (cuasiestática) desde (V_1, T_1) a (V_2, T_2) el cambio en la entropía es cero.
21. En un vaso de cobre, que pesa 1.5 kg, contiene un bloque de hielo de 10 kg a la temperatura de -10°C , se inyecta 5 kg de vapor de agua a 100°C .
- a) Determinar el estado final de equilibrio de la mezcla.
 b) Determinar la variación de entropía.

Datos: Calor específico del cobre 397 J/kg K. Calor de fusión del hielo 334 400 J/kg. Calor específico del agua 4180 J/kg K. Calor específico del hielo 2090 J/kg K. Calor de licuefacción del vapor del agua 2 257 200 J/kg.

22. Un trozo de hielo de 583 cm^3 a 0°C se calienta y se convierte en agua a 4°C . Calcular el incremento de energía interna y entropía que ha experimentado. Datos: Densidad del hielo 0.917 gr/cm^3 , del agua 1 gr/cm^3 , calor de fusión del hielo 80 cal/g.
23. Consideremos helio (gas perfecto monoatómico $c_v=3R/2$) en el estado inicial A: $P_A=10^5$ Pa, $V_A=10^{-2}\text{ m}^3$ y $T_A=300$ K. Se llevan a cabo las siguientes transformaciones:
- A→B: Transformación isoterma reversible con volumen final $V_B=2\times 10^{-2}\text{ m}^3$.
 - B→C: Transformación isócara ($V=\text{cte}$) reversible con temperatura final $T_C=189$ K.
 - C→D: Transformación adiabática reversible, que devuelve al gas a sus condiciones iniciales.

- a) Determinar el número de moles de helio, confeccionar una tabla en la que aparezcan los valores P, V y T en los tres estados A, B y C, y dibujar el ciclo en el diagrama P-V.
- b) Calcular, en unidades del sistema internacional, de forma directa (siempre que sea posible) el trabajo W, el calor Q, y la variación de energía interna U, del gas para cada uno de los procesos.
- c) Determinar el rendimiento de este ciclo como motor térmico y comparar el resultado con el de un motor de Carnot que funcione entre las dos temperaturas extremas del ciclo.

Dato: $R=8.33 \text{ J}/(\text{mol K})$

24. 10 moles de un gas diatómico ($C_v=5R/2$) se encuentran inicialmente a una presión de $P_A = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$ y ocupando un volumen de $V_A = 249 \times 10^{-3} \text{ m}^3$. Se expande adiabáticamente (proceso AB) hasta ocupar un volumen $V_B = 479 \times 10^{-3} \text{ m}^3$. A continuación el gas experimenta una transformación isoterma (proceso BC) hasta una presión $P_C = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$. Posteriormente se comprime isobáricamente (proceso CD) hasta un volumen $V_D = V_A = 249 \times 10^{-3} \text{ m}^3$. Por último, experimenta una transformación a volumen constante (proceso DA) que le devuelve al estado inicial.

- a) Representar gráficamente este ciclo en un diagrama P-V.
- b) Calcular el valor de las variables termodinámicas desconocidas en los vértices A, B, C y D.
- c) Hallar el calor, el trabajo, la variación de energía interna, en Julios, de forma directa y/o empleando el Primer Principio, en cada etapa del ciclo.
- d) Calcular el rendimiento.

Datos: $R= 0.082 \text{ atm l}/(\text{mol K}) = 8.314 \text{ J}/(\text{mol K})$; $1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$; $1 \text{ atm} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$.

25. Un mol de un gas ideal monoatómico ($C_V=3R/2$) se encuentran inicialmente a una presión de $P_A= 4 \text{ atm}$, un volumen $V_A= 1\text{L}$ y una temperatura de $T_A= 300\text{K}$. Posteriormente se expande isobáricamente hasta un volumen $V_B= 3\text{L}$. A continuación sufre una transformación isoterma reversible hasta una presión $P_C= 2 \text{ atm}$. Después se comprime isobáricamente (Punto D). Para finalizar se produce una transformación adiabática hasta retornar al punto inicial (punto A).

- a) Calcular el valor de las variables termodinámicas desconocidas en los vértices A, B y C.
- b) Representar gráficamente este ciclo en un diagrama P-V.
- c) Hallar de forma directa el trabajo en cada etapa.
- d) El calor, la variación de energía interna y la variación de entropía en cada etapa del ciclo. (Expresar los resultados en Julios).
- e) Hallar el rendimiento del ciclo.

Datos: $R=0.082 \text{ atm l}/(\text{K mol})$ $1 \text{ cal}= 4.186 \text{ J}$. $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$.