

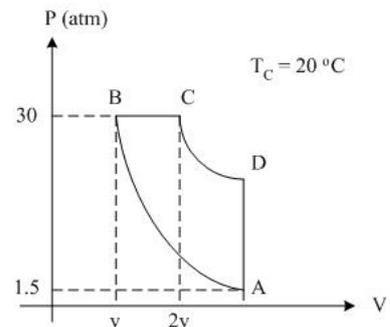
## Física General II

### Trabajo Práctico 8: Termodinámica (III)

- Una plancha de un material térmicamente aislante tiene  $100 \text{ cm}^2$  de área y  $2 \text{ cm}$  de espesor, y su coeficiente de conductividad térmica es  $2 \times 10^{-4} \text{ cal}/(\text{cm s}^\circ\text{C})$ . Si la diferencia de temperaturas entre las caras opuestas se mantiene a  $70^\circ\text{C}$ , calcular la cantidad de energía que fluye en forma de calor a través de la plancha al cabo de un día.
- Una barra de sección transversal  $A = 10 \text{ cm}^2$  consta de dos partes: una de cobre, de  $30 \text{ cm}$  de longitud, y otra de acero, de  $20 \text{ cm}$  de longitud. La superficie lateral de la barra está térmicamente aislada. El extremo de acero se encuentra sumergido en una mezcla de hielo y agua en equilibrio, y el extremo de cobre en agua hirviendo.
  - ¿Cuál es la temperatura en la unión de los dos metales?
  - ¿Cuánto hielo se funde por minuto?

Nota: Conductividad térmica del cobre  $385 \text{ W}/(\text{m}^\circ\text{C})$ , conductividad térmica del acero  $50 \text{ W}/(\text{m}^\circ\text{C})$ .
- Un motor toma en cada ciclo  $250 \text{ J}$  de un foco a  $300 \text{ K}$  y entrega  $200 \text{ J}$  a otro foco a  $200 \text{ K}$ .
  - ¿Cuál es su rendimiento?
  - ¿Qué cantidad de trabajo mecánico podría obtenerse en cada ciclo si se tuviera un motor reversible que opere entre estos dos focos térmicos tomando  $250 \text{ J}$  del foco a  $300 \text{ K}$ ?

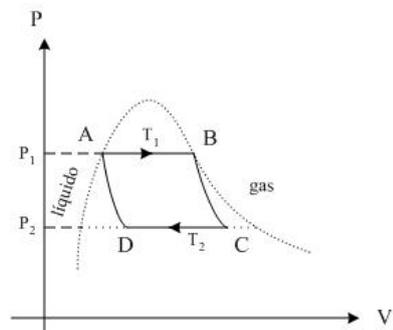
- Una máquina térmica trabaja sobre  $3$  moles de un gas ideal monoatómico, realizando el ciclo reversible ABCD indicado en la figura. El proceso AB es adiabático, mientras que el proceso CD es isotérmico.



- Usando los datos indicados en la figura, calcular la temperatura, el volumen y la energía interna del gas en los estados A, B, C y D.
  - Calcular el trabajo realizado sobre el gas en cada etapa del ciclo.
  - Determinar el rendimiento de esta máquina térmica.
  - Describir cómo podrían llevarse a cabo experimentalmente cada uno de los procesos, teniendo en cuenta que en todos los casos se trata de procesos cuasiestáticos.
- Una máquina de Carnot funciona entre dos focos térmicos como refrigerador, tomando en cada ciclo  $100 \text{ J}$  del foco frío y cediendo  $150 \text{ J}$  al foco caliente.
    - Determinar la eficiencia del refrigerador, y el rendimiento de una máquina de Carnot que funcione entre estos mismos focos.
    - Probar que un refrigerador que funcione entre estos focos no puede tener una eficiencia mayor que la calculada en (a) sin violar la segunda ley de la termodinámica.

Ayuda: acoplar este refrigerador a la máquina de Carnot.
  - Un gas ideal recorre un ciclo de Carnot formado por los procesos AB (adiabático), BC (isotérmico), CD (adiabático) y DA (isotérmico).
    - Probar que los volúmenes del gas en los diferentes estados satisfacen la relación  $V_A/V_B = V_D/V_C$ .
    - Mostrar que el rendimiento del ciclo viene dado por  $e = 1 - T_1/T_2$ , donde  $T_1$  es la temperatura del foco frío y  $T_2$  la del foco caliente.
  - Una congeladora opera con un pequeño motor de  $100 \text{ W}$  de potencia. Se coloca en su interior agua a  $0^\circ\text{C}$ .
    - Si se la pudiera modelar como un refrigerador ideal de Carnot, funcionando entre temperaturas de  $-5^\circ\text{C}$  y  $20^\circ\text{C}$ , ¿cuánto hielo podría producir al cabo de una hora?
    - Discutir el resultado obtenido en el ítem anterior. ¿Puede fabricarse un refrigerador que tenga estas características? ¿Qué problema existiría a la hora de diseñarlo?

8. Una máquina térmica funciona con un gas real, realizando el ciclo ABCD mostrado en la figura (donde se incluye la curva que indica la transición de fase líquido-gas para esta sustancia). Los procesos AB (ebullición) y CD (fusión) tienen lugar a temperatura y presión constantes, mientras que los procesos BC y DA son adiabáticos. ¿Es éste un ciclo de Carnot? ¿La eficiencia de esta máquina será mayor, igual o menor a la de una máquina de Carnot que utilice un gas ideal funcionando entre las mismas temperaturas  $T_1$  y  $T_2$ ?



9. Calcular el cambio de entropía que sufre el gas ideal del problema 4 en los subprocesos AB, BC, CD y DA.
10. Se colocan 50 g de agua a  $0^\circ\text{C}$  en un congelador, cuyas paredes están a una temperatura aproximadamente constante de  $-10^\circ\text{C}$ . Luego de un tiempo, el sistema alcanza el equilibrio térmico. Calcular el cambio en la entropía del agua (luego hielo), mostrando que, si bien ésta disminuye, la entropía total del universo aumenta.
11. Una pelota de 500 g, inicialmente en reposo, cae desde una altura de 2 m y rebota contra el suelo, elevándose 1.5 m hasta quedar nuevamente en reposo. Calcular el cambio en la entropía del universo al cabo de este proceso, si la temperatura ambiente es de  $20^\circ\text{C}$ .
12. (a) Un objeto metálico, cuya capacidad calorífica es de 500 J/K y que se encuentra a una temperatura de 500 K, es puesto en contacto térmico con el aire hasta que alcanza el equilibrio, a una temperatura de 290 K. Calcular el cambio de entropía en el universo.
- (b) Como alternativa al proceso anterior, al objeto metálico a 500 K se le baja su temperatura ahora en dos etapas: en primer lugar se lo introduce en abundante agua hirviendo hasta que alcanza el equilibrio térmico, y luego se deja bajar su temperatura hasta 290 K en contacto con el aire. Calcular el cambio de entropía del universo e interpretar la diferencia con el resultado obtenidos en el ítem (a).

### Problemas adicionales:

13. Un motor funciona con 0.1 moles de un gas ideal diatómico que realiza el siguiente ciclo: comienza en un estado A en el cual la presión es 1 atm y la temperatura 300 K, es calentado a volumen constante hasta un estado B en el cual la temperatura es 600 K, luego sufre una expansión adiabática hasta un estado C donde la presión es nuevamente de 1 atm, y finalmente una compresión isobárica regresando al estado inicial A.
- (a) Calcular el trabajo neto realizado por el gas durante el ciclo.
- (b) Calcular el rendimiento de esta máquina.
14. Un motor de Carnot cuyo foco frío está a  $0^\circ\text{C}$  tiene un rendimiento del 40%, y se desea elevarlo al 50%.
- (a) ¿En cuántos grados ha de elevarse la temperatura del foco caliente, sin modificar la del foco frío?
- (b) ¿En cuántos grados ha de disminuirse la temperatura del foco frío, sin modificar la del foco caliente?
15. Calcular cuánto aumenta la entropía por hora para el sistema formado por la plancha del problema 1 y los focos con los que está en contacto térmico, si la temperatura del foco frío es de  $20^\circ\text{C}$ .
16. (Optativo) Partiendo de la siguiente expresión general para un gas ideal que pasa de un estado inicial  $i$  a un estado final  $f$ ,  $\Delta S = n c_V \ln(T_f/T_i) + n R \ln(V_f/V_i)$ , probar que para un gas ideal que sufre una expansión *adiabática cuasiestática* la entropía permanece constante.

---

Algunos resultados: 1)  $Q = 60500$  cal; 2a)  $T = 83.7^\circ\text{C}$ ; 2b)  $m = 3.8$  g; 3a)  $e = 20\%$ ; 3b)  $|W| = 83.3$  J; 4a)  $T_A = 44.3$  K,  $V_A = 7.27$  l,  $P_D = 9.91$  atm; 4b)  $W_{AB} = 3840$  J,  $W_{BC} = -3660$  J,  $W_{CD} = -8060$  J,  $W_{DA} = 0$ ; 4c)  $e = 46\%$ ; 5a)  $\eta = 2$ ,  $e = 33.3\%$ ; 7)  $m = 11.6$  kg; 9)  $\Delta S_{AB} = 0$ ,  $\Delta S_{BC} = 43.2$  J/K,  $\Delta S_{CD} = 27.5$  J/K,  $\Delta S_{DA} = -70.7$  J/K; 10)  $\Delta S_{\text{H}_2\text{O}} = -65.3$  J/K,  $\Delta S_{\text{tot}} = 2.4$  J/K; 11)  $\Delta S = 8.4 \times 10^{-3}$  J/K; 12a)  $\Delta S_{\text{tot}} = 90$  J/K; 12b)  $\Delta S_{\text{tot}} = 41$  J/K; 13a)  $|W| = 62$  J; 13b)  $e = 9.9\%$ ; 14a)  $|\Delta T_C| = 91$  K; 14b)  $|\Delta T_F| = 45$  K; 15)  $\Delta S = 6.94$  J/K.