

### 3. TERMODINÁMICA. PROBLEMAS II: SEGUNDO PRINCIPIO

**Problema 1.** Una máquina tiene como sustancia de trabajo un mol de un gas ideal monoatómico. El ciclo empieza a  $P_1 = 1\text{atm}$  y  $V_1 = 24.6\text{l}$ . El gas se calienta a volumen constante hasta  $P_2 = 2\text{atm}$ . Luego se expande a presión constante hasta  $V_3 = 49.2\text{l}$ . A continuación el gas es enfriado a volumen constante hasta que su presión vuelve a ser de  $1\text{atm}$ . Finalmente se comprime a presión constante hasta que alcanza de nuevo su estado original. Considerando todas las etapas reversibles, se pide:

- Dibujar el ciclo en un diagrama P, V
- Calcular el trabajo realizado, el calor y la variación de energía interna para cada etapa del ciclo
- Calcular el rendimiento del ciclo

**Solución:** b) Etapa  $1 \rightarrow 2$ :  $Q = \Delta U = 900\text{cal}$ ;  $W = 0$ .

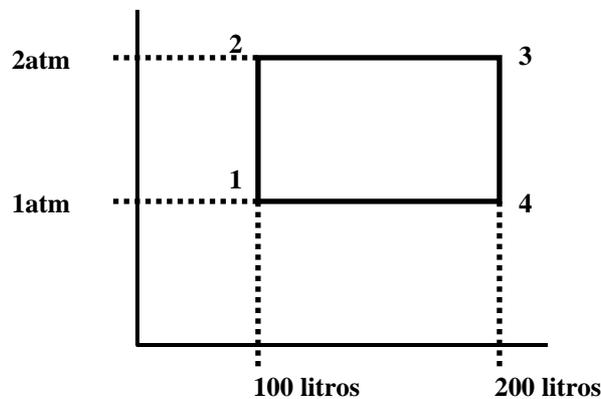
Etapa  $2 \rightarrow 3$ :  $Q = 3000\text{cal}$ ;  $W = 1200\text{cal}$ ;  $\Delta U = 1800\text{cal}$ .

Etapa  $3 \rightarrow 4$ :  $Q = \Delta U = -1800\text{cal}$ ;  $W = 0$ .

Etapa  $4 \rightarrow 1$ :  $Q = -1500\text{cal}$ ;  $W = -600\text{cal}$ ;  $\Delta U = -900\text{cal}$

c)  $\eta = 0.154$

**Problema 2.** Dos moles de un gas perfecto monoatómico describen el ciclo de la figura, determinar la temperatura de cada vértice y el trabajo, calor, variación de energía interna y variación de entropía de cada una de las líneas que constituyen el ciclo y en el ciclo total. Determinar el rendimiento del ciclo.



**Solución:**  $T_1 = 610\text{K}$ ,  $T_2 = 1220\text{K}$ ,  $T_3 = 2440\text{K}$ ,  $T_4 = 1220\text{K}$

**Etapa  $1 \rightarrow 2$ :**  $Q = \Delta U = 15298,8\text{J}$ ;  $W = 0$ ;  $\Delta S = 17,38\text{J/K}$ .

**Etapa  $2 \rightarrow 3$ :**  $Q = 50996\text{J}$ ;  $W = 20398,4\text{J}$ ;  $\Delta U = 30597,6\text{J}$ ;  $\Delta S = 28,97\text{J/K}$

**Etapa  $3 \rightarrow 4$ :**  $Q = \Delta U = -30597,6\text{J}$ ;  $W = 0$ ;  $\Delta S = -17,38\text{J/K}$

**Etapa  $4 \rightarrow 1$ :**  $Q = -25498\text{J}$ ;  $W = -10199,2\text{J}$ ;  $\Delta U = -15298,8\text{J}$ ;  $\Delta S = -28,97\text{J/K}$

**Para el ciclo:**  $\Delta U = 0$ ;  $Q = W = 10199,2\text{J}$ ;  $\Delta S = 0$ ;  $\eta = 0.15$ .

**Problema 3.** Un ciclo de Carnot de un gas ideal diatómico conecta dos estados extremos caracterizados por las condiciones siguientes:

$$1: p_1 = 10 \text{ atm}; t_1 = 250^\circ \text{ C}; V_1 = 1 \text{ l}$$

$$3: p_3 = 1 \text{ atm}; t_3 = 20^\circ \text{ C}$$

Siendo  $t_1$  y  $t_3$  las temperaturas de los focos caliente y frío, respectivamente. Se pide:

- Determinar las coordenadas termodinámicas de los puntos 2 y 4 del ciclo.
- Calcular las cantidades de calor  $Q_C$  y  $Q_F$  intercambiadas en el ciclo, así como el trabajo producido y el rendimiento del ciclo.

**Solución:** a)  $p_4 = 1.31 \text{ atm}, V_4 = 4.26 \text{ l}; p_2 = 7.61 \text{ atm}, V_2 = 1.31 \text{ l};$  b)  $Q_C = 273 \text{ J}, Q_F = -155 \text{ J},$   
 $W = 118 \text{ J}, \eta = 0.43.$

**Problema 4.** Una hora antes de que empiecen a llegar los invitados nos damos cuenta de que hemos olvidado comprar cubitos de hielo para las bebidas. Rápidamente ponemos un litro de agua a  $10^\circ \text{ C}$  en la bandeja de los cubitos y la colocamos en el congelador. ¿Tendremos a tiempo el hielo para los invitados? En la etiqueta de especificaciones del refrigerador consta que el aparato tiene un coeficiente de eficiencia de 5,5 y una potencia de 550 W.

**Solución:** Hay tiempo suficiente para fabricar cubitos de hielo.

**Problema 5.** En una cámara frigorífica entra del exterior, cuya temperatura es  $t_1 = 20^\circ \text{ C}, 30000 \frac{\text{cal}}{\text{hora}}.$

La temperatura en el interior de la cámara ha de mantenerse constante a  $t_2 = -15^\circ \text{ C}.$  Determinése la potencia teórica del motor que ha de accionar la máquina frigorífica (Ciclo de Carnot).

**Solución:**  $P = 4.73 \text{ W}$

**Problema 6.** En una nevera de compresión se trata de fabricar 5 Kg de hielo cada hora, partiendo de agua a  $0^\circ \text{ C}.$  El ambiente exterior está a  $27^\circ \text{ C}.$  Calcular: a) el rendimiento de la nevera, b) la potencia teórica del motor y c) la potencia real si el rendimiento de la operación es del 75 % .

**Solución:** a)  $\eta = 10;$  b)  $P = 46 \text{ W};$  c)  $P = 61 \text{ W}.$

**Problema 7.** La temperatura del foco caliente de un motor de Carnot que funciona por vía reversible es de 300 K, y la del foco frío 273 K. Si el número de calorías que recibe el motor del foco a 300 K es de 2000, calcular: a) rendimiento, b) calorías cedidas al foco frío, c) si el motor funciona como frigorífico (recorrido a la inversa) y recibe 2000 calorías del foco a 273 K, calcular su rendimiento y d) cuantas calorías cede al foco caliente.

**Solución:** a)  $\eta = 0.09;$  b)  $Q = -1820 \text{ cal};$  c)  $\eta = 10;$  d)  $Q = 2200 \text{ cal}.$

**Problema 8.** Un motor de Carnot funciona entre dos focos caloríficos a las temperaturas de  $400^\circ \text{ K}$  y  $300^\circ \text{ K}.$  a) Si en cada ciclo recibe el motor 1200 calorías del foco de  $400^\circ \text{ K},$  ¿cuántas calorías cede al foco a  $300^\circ \text{ K}?$  b) Si el motor funciona a la inversa, como máquina frigorífica y recibe 1200 calorías del foco a  $300^\circ \text{ K},$  ¿cuántas calorías cede al foco a  $400^\circ \text{ K}?$  c) ¿cuántas calorías se producirán si el trabajo mecánico necesario para hacer funcionar la máquina frigorífica en el apartado b) se convirtiese directamente en calor?

**Solución:** a)  $Q = -900 \text{ cal};$  b)  $Q = -1600 \text{ cal};$  c)  $W = -400 \text{ cal}.$

**Problema 9.** Una máquina frigorífica que funciona según un ciclo de Carnot reversible, toma calor del agua a 0° C y lo cede al aire que se mantiene a 24 ° C. En un día se fabrican 250 Kg de hielo. ¿Cuánto trabajo se ha consumido? ¿Cuánto calor se ha comunicado al aire?

**Solución:**  $W = -0.17 \times 10^7 \text{ cal}$  ;  $Q = -2.7 \times 10^7 \text{ cal}$  .

**Problema 10.** Determinése la variación de entropía del Universo en los siguientes procesos irreversibles:

- Calentamiento irreversible de un cuerpo
- Mezcla irreversible, a presión constante, de dos líquidos a distinta temperatura en un recinto aislado.

**Solución:** a)  $\Delta S_{\text{universo}} = mc \left( \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{T_1}{T_2} - 1 \right)$  ; b)  $\Delta S_{\text{universo}} = 2C \ln \frac{T_0}{\sqrt{T_1 T_2}}$  .

**Problema 11.** a) 1Kg de agua a 20° C se coloca en contacto térmico con un foco térmico a 80° C. ¿Cuál es el cambio de la entropía global (agua más foco térmico) cuando se ha restablecido el equilibrio? b) Si se calienta agua a 20° C mediante contactos sucesivos con focos térmicos a 50 y 80° C (y se espera, en cada ocasión, hasta que se alcanza el equilibrio) ¿Cuál sería el cambio de entropía del sistema total?

**Solución:** a)  $\Delta S = 68.17 \text{ J}$  ; b)  $\Delta S = 35.20 \text{ J}$  .

**Problema 12.** Calcula el cambio de entropía total de una máquina frigorífica que extrae 400 J de calor de un foco frío que se encuentra a 300 K y cede calor a un foco caliente que está a 1000 K, si consume 950 J de trabajo.

**Solución:**  $\Delta S = 0,02 \text{ J} / \text{K}$

**Problema 13.** Supongamos un cilindro provisto de un pistón que contiene 2 moles de oxígeno a 100 kPa y 500 K. El gas experimenta una expansión isotérmica desde un volumen inicial de 1000 cm<sup>3</sup> hasta 1500 cm<sup>3</sup> , reduciéndose la presión hasta 15 kPa. Durante este proceso, el gas realiza un trabajo de 2450 J. Calcular el cambio de entropía que experimenta el gas.

**Solución:**  $\Delta S = 6,7 \text{ J} / \text{K}$