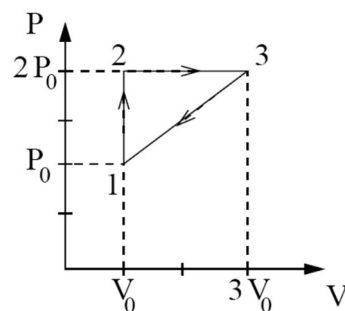


# Problemas de Física I de Grado en Ingeniería Química Industrial

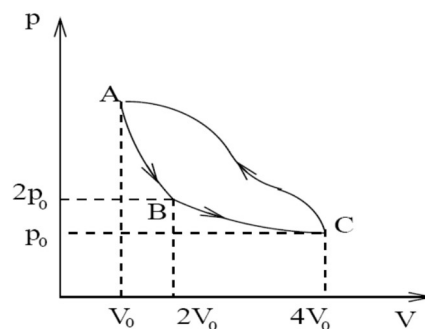
## Primer Principio de la Termodinámica

- 1) En un sistema, aislado adiabáticamente del exterior, que contiene 500g de agua a 20°C, se introduce una masa de hielo a una temperatura de -4°C. En el estado final de la mezcla se comprueba que se ha fundido justo la mitad del hielo. ¿Qué masa de hielo se ha usado? Datos: Calor específico del agua:  $c_a = 1 \text{ cal/g}\cdot\text{K}$ , del hielo:  $c_h = 0,5 \text{ cal/g}\cdot\text{K}$  y el calor latente de fusión del hielo:  $L_f = 80 \text{ cal/g}$ .
- 2) La temperatura inicial de 10 moles de un gas ideal es de 20°C y su presión de 1 atmósfera. Su calor específico a volumen constante es  $c'_v = 5 \text{ cal}/(\text{mol K})$ . Si se le comunican 200 calorías y si la presión no varía, determinar:
  - a) la variación de la energía interna del gas;
  - b) el valor del trabajo.(Sol.: a) 598 J; b) 238 J.)
- 3) Calcular la variación de energía interna producida en la fusión de un mol de hielo a -5°C y 1 atm de presión. Datos: calor de fusión del hielo: 333 kJ/kg, calor específico del hielo: 0,5 cal/(g K), densidades del hielo y del agua líquida a 0°C y 1 atm: 917 kg/m<sup>3</sup> y 1000 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. (Sol.: 6182 J.)
- 4) En cada una de las siguientes situaciones, determínese el cambio de la energía interna del sistema. a) Un sistema absorbe 500 cal de calor y al mismo tiempo realiza un trabajo de 400 J. b) Un sistema absorbe 300 cal mientras se efectúa un trabajo sobre él de 400 J. c) 1200 cal son eliminadas en forma de calor de un gas manteniendo su volumen constante. Sol.: 1,69 kJ; 1,68 kJ, -5,02 kJ.
- 5) Un termo contiene 150 g de agua a 4 °C. Dentro de él se colocan 90 g de metal a 100 °C. Después de que se establece el equilibrio, la temperatura del agua y del metal es de 21 °C. ¿Cuál es el calor específico del metal? (Sol.: 0,36 cal/g).
- 6) Un gas ideal de capacidad calorífica molar  $c'_v = 3R/2$ , inicialmente a la temperatura  $T_1$ , se expande desde un volumen  $V_1$  a un volumen  $V_2 = 2V_1$ . Determinar el trabajo realizado y el calor absorbido por cada mol de gas si la expansión se verifica:
  - a) a presión constante;
  - b) a temperatura constante;
  - c) adiabáticamente.(Sol.: a)  $W = nRT_1$ ;  $Q = 5/2nRT_1$ ; b)  $W = Q = nRT_1 \ln 2$ ; c)  $W = 0$ ;  $555nRT_1$ ;  $Q = 0$ .)
- 7) En un proceso termodinámico la presión,  $P$ , y el volumen,  $V$ , de un mol de un gas ideal están relacionados mediante la expresión  $PV^2 = C$ , siendo  $C$  una constante. Si las presiones de los estados inicial,  $P_1$ , y final,  $P_2$ , son 10 bar y 1 atm respectivamente, y la temperatura inicial es  $T_1 = 200^\circ\text{C}$ , determine el trabajo y la cantidad de calor. Tome para la constante adiabática del gas el valor  $\gamma = 4/3$ . Dato:  $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol K})$ . (Sol.: a)  $W = 2681 \text{ J}$ ,  $Q = -5362 \text{ J}$ .)
- 8) Un mol de un gas ideal se expande adiabáticamente de forma que su presión disminuye de 2 atm hasta 1 atm. Después este gas se calienta a volumen constante hasta la temperatura inicial, con lo cual su presión aumenta hasta 1,22 atm.
  - a) Represente los procesos anteriores en un diagrama p-V y determine el exponente de la adiabática,  $\gamma$ , para este gas.
  - b) Si la temperatura inicial es  $T_1 = 27^\circ\text{C}$ , determine el trabajo realizado por el gas.(Sol.: a)  $\gamma = 1,4$ ; b)  $W = 1124,5 \text{ J}$ .)
- 9) El ciclo reversible de la figura es realizado por 10 moles de un gas ideal con un calor específico  $c'_p = 5R/2$ . Sabiendo que  $p_0 = 1 \text{ atm}$  y  $V_0 = 100 \text{ l}$  calcule:
  - a) el trabajo en cada una de las transformaciones;
  - b) el calor en cada una de las transformaciones;
  - c) el rendimiento del ciclo.(Sol.: a)  $W_{12} = 0$ ;  $W_{23} = 40,5 \text{ kJ}$ ,  $W_{31} = -30,4 \text{ kJ}$ ; b)  $Q_{12} = 15,2 \text{ kJ}$ ,  $Q_{23} = 101,3 \text{ kJ}$ ,  $Q_{31} = -106,4 \text{ kJ}$ ; c)  $\eta = 8,7 \%$ .)



- 10) Un ciclo efectuado por dos kilomoles de un gas perfecto ( $\gamma = 1,63$ ) se compone de una expansión isoterma, una compresión isóbara y una isocora. La transformación isoterma se realiza a la temperatura de 400 K. En el transcurso del ciclo el volumen del gas varía de modo que  $V_{\max}/V_{\min} = 2$ . Calcule:
- el trabajo realizado por el gas en un ciclo;
  - el rendimiento del ciclo.
  - Dibuje el ciclo en los diagramas  $V - T$  y  $p - T$ .
- (Sol.: a)  $W_{\text{ciclo}} = 1285 \text{ kJ}$ ; b)  $\eta = 13 \%$ )

- 11) Un gas ideal ( $\gamma = 1,7$ ) realiza un ciclo compuesto por una adiábata reversible AB, una isoterma reversible BC y un proceso desconocido CA, como se indica en la figura. Se sabe que en el proceso CA el gas cede una cantidad de calor  $4p_0V_0$ . Utilizando los datos de presión y volumen de los estados A, B y C que se dan en la figura, obtenga:
- La presión en el estado A.
  - El trabajo realizado sobre el gas en el proceso CA.
  - la eficiencia del ciclo.
- (Sol.: a)  $p_A = 6,5p_0$ ; b)  $W_{CA} = -7,57p_0V_0$ ; c)  $\varepsilon = 2,25$ )



- 12) Un cilindro que contiene un gas ideal está cerrado por un pistón móvil de 8 kg y 60 cm<sup>2</sup> de área. La presión atmosférica es de 100 kPa. Cuando el gas es calentado desde 30 °C hasta 100 °C, el pistón se eleva 20 cm. Entonces, el pistón se asegura en ese lugar y el gas se enfría nuevamente a 30 °C. Calcular la diferencia entre el calor cedido al gas en el proceso de calentamiento y el calor perdido durante el enfriamiento. Representar la evolución del gas en un diagrama pV. Sol.: Uno es mayor que el otro 136 J.
- 13) Un mol de aire ( $\gamma = 1,40$ ) en condiciones normales (1 atm y 273,15 K) se comprime cuasiestática e isotérmicamente hasta reducir su volumen a la mitad. Luego se expande por vía adiabática cuasiestática hasta la presión inicial. Hallar:
- Representar el proceso en un diagrama pV.
  - Trabajo consumido, producido y neto a lo largo del proceso. (Sol.: -1572,6 J; 1019,1 J; -553,5 J).
  - Calor intercambiado entre el gas y el medio. (Sol.: -1572,6 J).
  - Variaciones en su energía interna. (Sol.: 0; -1019,1 J; -1019,1 J).
  - Temperatura final. (Sol.: 224,07 J).
- Nota: considerar el aire como un gas ideal.

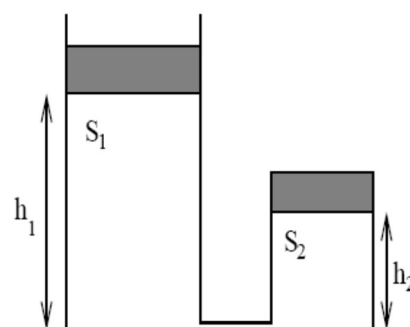
## Segundo Principio de la Termodinámica

- 14) Una máquina térmica reversible de Carnot opera entre dos focos a 400°C y 40°C. La máquina toma 2100 kJ del foco caliente. El trabajo obtenido en esta máquina se utiliza para impulsar un frigorífico reversible, que opera entre dos focos de 40°C y -18°C. Calcule:
- el calor intercambiado entre el frigorífico y el foco de -18°C;
  - el calor intercambiado entre el frigorífico y el foco de 40°C.
- (Sol.: a) 4937 kJ; b) 6060,5 kJ)
- 15) Dos máquinas térmicas que operan según el ciclo de Carnot están colocadas en serie. La primera máquina A recibe calor a 727°C y cede calor a un depósito que está a una temperatura  $T$ . La segunda máquina B recibe el calor que cede la primera y a su vez suministra calor a un depósito a 7°C. Calcule la temperatura  $T$  en los dos casos siguientes:
- los rendimientos de las dos máquinas son iguales;
  - los trabajos de las dos máquinas son iguales.
- (Sol.: a)  $T = 256^\circ\text{C}$ ; b)  $T = 367^\circ\text{C}$ )
- 16) a) Un motor térmico cumple la ley de conservación de la energía y absorbe una cantidad de calor igual a 100 J de un foco caliente en un ciclo. Indique qué trabajo produce el motor y qué cantidad de calor ha de transferir a un foco frío para que viole el enunciado de Kelvin-Planck.

b) Un frigorífico cumple la ley de conservación de la energía y absorbe una cantidad de calor igual a 100 J de un recinto frío en un ciclo. En estas condiciones, ¿qué transferencias de trabajo y de calor a un foco caliente supondrían una violación del enunciado de Clausius?  
(Sol.: a)  $W = 100$  J; b)  $W = 0$  J).

- 17) Un cilindro cerrado por ambos extremos con paredes adiabáticas está dividido en dos partes por un pistón, también adiabático y sin fricción. Inicialmente la presión, el volumen y la temperatura son las mismas a ambos lados del pistón ( $p_0$ ,  $V_0$ ,  $T_0$ ). El gas es ideal, siendo  $c_v$  independiente de  $T$  y  $\gamma = 1,5$ . Por medio de una bobina de calefacción situada en el lado izquierdo se suministra lentamente calor al gas de dicho lado hasta que la presión alcanza un valor igual a  $27p_0/8$ . Hallar en función de  $p_0$ ,  $R$ ,  $V_0$ , y  $T_0$ :
- el volumen final del lado derecho;
  - la temperatura final del lado derecho;
  - la temperatura final del lado izquierdo;
  - el trabajo realizado sobre el gas del lado derecho;
  - el calor suministrado al gas del lado izquierdo;
  - la variación de la entropía del gas del lado derecho;
  - la variación de la entropía del gas del lado izquierdo.

- 18) Los depósitos de la figura, de secciones  $S_1 = S_2 = 150 \text{ cm}^2$ , tienen paredes adiabáticas y están unidos por un pequeño tubo de volumen despreciable. La tapa del depósito 1 es móvil e inicialmente se encuentra a una altura  $h_1 = 30 \text{ cm}$ . El depósito de la derecha tiene su tapa fija a una altura  $h_2 = 10 \text{ cm}$ . En la situación de partida que refleja la figura, los depósitos contienen un gas ideal ( $\gamma = 5/3$ ) en equilibrio a una presión  $p_0 = 1 \text{ bar}$ , y  $n_2 = 0,06$  moles de este gas se hallan en el depósito 2. A partir de un determinado momento se va dejando caer poco a poco arena sobre el pistón móvil. Si al final la masa total de arena sobre dicho pistón es  $M = 30 \text{ kg}$ , calcule:



- La presión y temperatura final de equilibrio.
- La altura a la que queda la tapa del depósito 1.
- el número de moles de gas en cada depósito.
- el trabajo realizado sobre el gas.
- la variación de entropía experimentada por el gas.

(Sol.: a) 1,2 bar; 322,7 K; b) 25,85 cm; c) 0,0671 mol en el depósito de la derecha y 0,01729 en el de la izquierda; d)  $W = 67,9$  J; e)  $\Delta S = 0$ )

- 19) a) Un kg de agua a  $0^\circ\text{C}$  se pone en contacto con una gran fuente térmica a  $100^\circ\text{C}$ . ¿Cuál ha sido la variación de entropía del agua? ¿Cuál la de la fuente térmica? ¿Y la del universo?  
b) Si el agua se hubiese calentado desde  $0$  a  $100^\circ\text{C}$  poniéndola en contacto con una fuente a  $50^\circ\text{C}$  y luego con una fuente a  $100^\circ\text{C}$ , ¿cuál habría sido la variación de entropía del universo?  
(Sol.: a)  $\Delta S_a = 1,30 \text{ kJ/K}$ ,  $\Delta S_F = -1,12 \text{ kJ/K}$ ,  $\Delta S_u = 0,18 \text{ kJ/K}$ ; b)  $\Delta S_a = 1,30 \text{ kJ/K}$ ,  $\Delta S_{F1} = -0,6468 \text{ kJ/K}$ ,  $\Delta S_{F2} = -0,56 \text{ kJ/K}$ ,  $\Delta S_u = 97 \text{ J/K}$ ).

- 20) Se introduce un bloque de 1 kg de cobre ( $c_p = 0,386 \text{ kJ/(kg K)}$ ) a  $100^\circ\text{C}$  en el interior de un calorímetro de capacidad calorífica despreciable que contiene 4 litros de agua (calor específico:  $4,18 \text{ kJ/(kg K)}$ ) a  $0^\circ\text{C}$ . Calcular la variación de entropía:
- del bloque de cobre;
  - del agua;
  - del universo.

(Sol.: a)  $\Delta S_{cu} = -117,2 \text{ J/K}$ ; b)  $\Delta S_a = 137,77 \text{ J/K}$ ; c)  $\Delta S_u = 20,57 \text{ J/K}$ .)

- 21) Calcule la variación neta de entropía del universo cuando se introducen 10 g de vapor a  $100^\circ\text{C}$  y 1 atm en un calorímetro de capacidad calorífica despreciable que contiene 150 g de agua y 150 g de hielo a  $0^\circ\text{C}$ . El calor latente de vaporización del agua es  $2257 \text{ kJ/kg}$  y el de fusión del hielo  $333,5 \text{ kJ/kg}$ . (Sol.:  $24,405 \text{ J/K}$ )

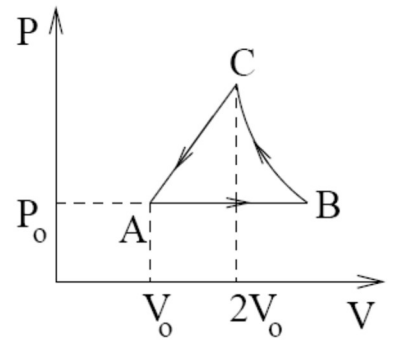
- 22) Un refrigerador de Carnot mantiene un congelador a  $-13^\circ\text{C}$ , expulsando calor a una habitación que está a  $25^\circ\text{C}$ .
- ¿Cuánta energía eléctrica consumirá el refrigerador para convertir 0,75 kg de agua a  $25^\circ\text{C}$  en hielo a  $-13^\circ\text{C}$ ?
  - ¿Qué cantidad de calor se habrá expulsado a la habitación?
  - Calcule la variación de entropía experimentada por el agua y por la habitación en este proceso.

Datos: calor específico del agua:  $c_a = 4,18 \text{ kJ/(kg K)}$ , calor específico del hielo:  $c_h = 2,1 \text{ kJ/(kg K)}$ , calor latente de fusión del hielo:  $L_f = 333 \text{ kJ/kg}$ . (Sol.: a) 50,9 kJ; b) 399,5 kJ; c)  $\Delta S_a = -1,27 \text{ kJ/K}$ ,  $\Delta S_h = 1,34 \text{ kJ/K}$ .)

23) Con 5 moles de un gas ideal ( $\gamma = 1,4$ ) se realiza el ciclo de la figura, donde todos los procesos son reversibles. La curva BC corresponde a una isoterma cuya temperatura es el triple de la temperatura mínima del ciclo.

- Razone si el ciclo funciona como un motor o un frigorífico, y calcule su rendimiento o eficiencia según sea el caso.
- Determine la variación de entropía:
  - del gas en el proceso AB;
  - del gas tras un ciclo completo;
  - del universo después de un ciclo completo.
- ¿Cuál sería la eficiencia de una máquina frigorífica de Carnot que intercambiase calor sólo con dos focos a las temperaturas máxima y mínima del ciclo anterior?

(Sol.: a) Ciclo frigorífico:  $\varepsilon = 15$ ; b)  $S_B - S_A = (n\gamma R \ln 3)/(\gamma - 1)$ ;  $\Delta S_{\text{ciclo-gas}} = 0$ ;  $\Delta S_{\text{ciclo-u}} = 0$ ; c)  $\varepsilon = 1/2$ )



24) Entre dos focos térmicos de 500 K y 300 K funcionan un motor reversible y una máquina frigorífica irreversible, consumiendo ésta íntegramente el trabajo producido por el motor. El motor absorbe 200 J del foco caliente y la eficiencia de la máquina frigorífica es 1,25.

- ¿Qué cantidad de calor cederá la máquina frigorífica al foco caliente?
- ¿Es posible sustituir la máquina frigorífica por otra que, aprovechando el trabajo del motor, y funcionando entre los mismos focos térmicos de 500 K y 300 K, extraiga 130 J del foco frío?

(Sol.: a) 180 J; b) No)