

## Guía 10: Calorimetría

- 1) ¿Qué cantidad de calor es necesario entregar a 1kg de Fe para aumentar su temperatura en 80°C? Compare este valor con el calor necesario para que un kilogramo de agua aumente su temperatura en el mismo valor.
- 2) ¿Qué masa de aluminio tiene la misma capacidad calorífica que 1 kg de agua?
- 3) Calcular la cantidad de calor que se debe entregar a 2 kg de agua que se encuentra a -20°C para transformarlo íntegramente en vapor a 1 atmósfera de presión.
- 4) Se tienen 500g de agua a 20°C y se le agregan 500g de Pb a 100°C ¿Cuál será el estado final del sistema si este es aislado?
- 5) El calor específico de una sustancia varía de acuerdo a la siguiente ley:

$$c = [0.1 + 10^{-3} t + 10^{-5} t^2] \text{ kcal / (kg}^\circ\text{C)}$$

donde la temperatura  $t$  se expresa en grados Celsius . Determine las unidades correctas de cada uno de los coeficientes del polinomio ¿Qué cantidad de calor será necesaria para elevar la temperatura de 2 kg de dicha sustancia desde 0°C hasta 100°C?

- 6) Calcular la masa de plomo líquido a la temperatura de fusión que se debe mezclar con 1kg de agua para que la temperatura de esta pase de 20°C a 60°C admitiendo que la presión es constante e iguala la normal y sabiendo que hay una pérdida por vaporización local de 100 mg de agua.

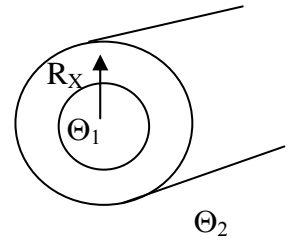
## Guía 11: Transmisión del calor

- 1) Una pared plana de madera de 1cm de espesor separa dos recintos con aire a temperaturas de 40°C y 10°C, respectivamente. Suponiendo régimen estacionario y modelo de pared infinita, calcular según los datos de tabla (sin considerar radiación):
  - a) la cantidad de calor transmitida por unidad de tiempo y superficie.
  - b) las temperaturas extremas de la pared.
  - c) el perfil de temperaturas de la pared.
  - d) el gradiente de temperaturas.
- 2) Calcular (sin considerar radiación) la potencia que debe entregar una estufa, para mantener un recinto a 20°C, cuando la temperatura exterior es de 0°C. El recinto tiene 3 m de ancho, 4 m de largo y 5 m de alto. Tiene además una puerta y una ventana de dimensiones 1 m x 2.5 m y 2 m x 1.5 m respectivamente. Considerar las ventanas de vidrio de 4 mm de espesor, la puerta de madera de 5 cm de espesor, las paredes de ladrillo común de 30 cm de espesor y el techo de hormigón de 10 cm de espesor. Suponer despreciable la cantidad de calor transmitida a través del piso, y modele cada parte del recinto como plano infinito en régimen estacionario. Utilice los datos de tabla.
- 3) Una cañería transporta un fluido a una temperatura de 150°C, siendo la ambiente de 20°C. Para régimen estacionario de transmisión del calor (sin considerar radiación), calcular:
  - a) Cantidad de calor transmitida por unidad de tiempo y longitud.
  - b) Temperaturas extremas de la pared.
  - c) Perfil de temperaturas de la pared.
  - d) Gradiente de temperaturas para  $R_1 = 2 \text{ cm}$ .

$$\lambda_{\text{cañería}} = 60 \text{ kcal/(m h}^\circ\text{C)}; h_{\text{int}} = 500 \text{ kcal/(m}^2 \text{ h}^\circ\text{C)}; h_{\text{ext}} = 5 \text{ kcal/(m}^2 \text{ h}^\circ\text{C)}; R_1 = 1 \text{ cm}; R_2 = 3 \text{ cm}$$

- 4) En la pared cilíndrica de hierro de la figura el gradiente de temperatura para  $R_X=7\text{cm}$  es de  $(-100^\circ\text{C}/\text{m})$ . Calcular en régimen estacionario (sin considerar radiación):

- Cantidad de calor transmitida por unidad de tiempo y longitud.
- La temperatura  $T_{(R_1)}$ , si  $T_{(R_2)} = 0^\circ\text{C}$ .
- El perfil de temperaturas.
- El radio para el cual  $T=(T_1+T_2)/2$
- Si en el interior hay aire, la temperatura del mismo y del fluido exterior.



Datos:  $\lambda_{\text{cañería}} = 55 \text{ kcal}/(\text{m h}^\circ\text{C})$ ;  $h_{\text{int}} = h_{\text{ext}} = 20 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \text{ h}^\circ\text{C})$ ;  $R_1 = 5 \text{ cm}$ ;  $R_2 = 10 \text{ cm}$

- 5) Un recipiente esférico de hierro de radio interior 10 cm, y de 5 mm de espesor, está rodeado de una capa de espuma elastomérica de 5 cm de espesor. Si el fluido interior se halla a  $200^\circ\text{C}$ , y en la superficie exterior de la espuma se ha medido una temperatura de  $50^\circ\text{C}$ , calcular en régimen estacionario (sin considerar radiación):

- Cantidad de calor transmitida por unidad de tiempo.
- Temperatura del aire exterior.
- Temperatura en los extremos de cada material.
- Espesor de espuma elastomérica necesaria para que la pérdida de calor se reduzca a un 90% de la anterior.

$\lambda_{\text{Fe}} = 55 \text{ kcal}/(\text{m h}^\circ\text{C})$ ;  $h_{\text{int}} = 200 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \text{ h}^\circ\text{C})$ ;  $h_{\text{ext}} = 5 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \text{ h}^\circ\text{C})$ ;  $\lambda_{\text{espuma}} = 0,029 \text{ kcal}/(\text{m.h}^\circ\text{C})$ .

- 6) Un cuerpo de masa  $M$  y superficie  $S$  recibe una cantidad de calor por unidad de tiempo  $\delta Q/\delta t$  estando sumergido en un fluido a temperatura  $\theta$ . Si inicialmente la temperatura del cuerpo es  $T_0$  y suponiendo que el mismo tiene una conductividad  $\lambda \rightarrow \infty$  y emisividad  $\varepsilon \rightarrow 0$ ,

- Obtener la expresión de la temperatura en función del tiempo  $T(t)$ .
- Calcular la temperatura final del cuerpo  $T_f$ .
- Calcular el tiempo para el cual  $T=T_f/2$ .
- Plantear la ecuación diferencial del calentamiento del cuerpo si el coeficiente de emisividad tiene un valor  $\varepsilon$ , y el recinto se supone muy grande respecto de las dimensiones del cuerpo.
- Suponiendo un valor de  $\varepsilon = 0.8$  discutir si para temperaturas cercanas a la ambiente ( $20^\circ\text{C}$ ) la pérdida por radiación es comparable a la pérdida por convección.

Datos:  $\delta Q/\delta t = 58\text{J/s}$ ;  $M = 1 \text{ kg}$ ;  $S = 100 \text{ cm}^2$ ;  $c = 0,84\text{J}/(\text{g.}^\circ\text{C})$  (calor específico de la masa  $M$ )  
 $T_0 = 40^\circ\text{C}$ ,  $\theta = 20^\circ\text{C}$ .

- 7) Un recipiente esférico contiene en su interior un fluido mantenido por acción externa a una temperatura de  $100^\circ\text{C}$ . El exterior se halla en contacto con aire a temperatura de  $20^\circ\text{C}$ . Para régimen estacionario, calcule:

- la cantidad de calor transmitida por unidad de tiempo.
- El coeficiente de conductividad de la pared.
- Las temperaturas extremas de la pared.
- El perfil de temperaturas.
- Si inicialmente la pared se encontraba a una temperatura uniforme de  $20^\circ\text{C}$ , calcular el calor absorbido por la misma hasta alcanzar el régimen estacionario propuesto.

Datos:  $h_{\text{int}} = 500 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \text{ h}^\circ\text{C})$ ;  $h_{\text{ext}} = 5 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \text{ h}^\circ\text{C})$ ;  $R_1 = 10 \text{ cm}$ ;  $R_2 = 20 \text{ cm}$ ;  $R_X = 15 \text{ cm}$ ;  
 $[dT/dr]_{(r=R_X)} = -348.58^\circ\text{C}/\text{m}$ ;  $c$  (calor específico) =  $2\text{J}/\text{g.}^\circ\text{C}$ ;  $\delta = 5 \text{ g}/\text{cm}^3$ .

- 8) Un hilo de níquel ennegrecido de 1,3 m de longitud y 0,3 mm de diámetro se halla colocado a lo largo del eje de un tubo de vidrio de radio mucho mayor en el que se ha hecho vacío. El hilo se conecta en serie a un generador de corriente continua y a un amperímetro. Se aumenta la corriente hasta que en el momento en que el hilo está a punto de fundirse, el amperímetro marca 20A. Suponiendo que toda la energía suministrada fue radiada y que el vidrio se mantiene a una temperatura de 300 K, calcule la temperatura de fusión del níquel.
- 9) Calcular la pérdida de energía radiante de una persona desnuda en una habitación a 20°C suponiendo que la persona se comporta como un cuerpo negro, el área del cuerpo es de 1.4 m<sup>2</sup> y la temperatura de su superficie es de 33°C (la temperatura superficial del cuerpo humano es ligeramente inferior a la temperatura interna, debido a la resistencia térmica de la piel). Compare el valor hallado con la producción básica del metabolismo que es de 120 W (suponiendo una ingesta de 2500 kcal por día)

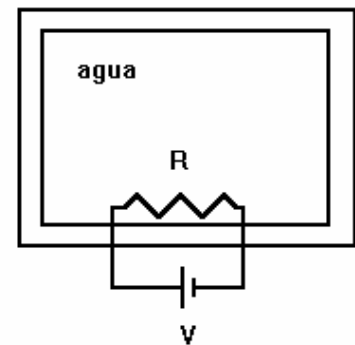
## Guía 12: Primer Principio de la termodinámica

- 1) El agua contenida en el recipiente adiabático rígido dibujado se calienta por medio de una fuente eléctrica V. Considerando como sistemas:

- I) El agua
- II) El agua y la resistencia
- III) El agua, la resistencia y la fuente.

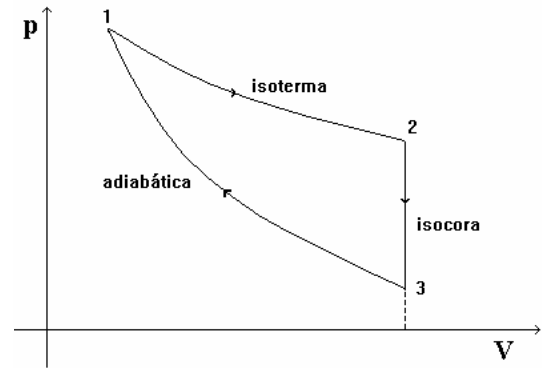
Conteste las siguientes preguntas para cada caso.

- a) ¿Ha habido intercambio de calor?
  - b) ¿Se ha realizado trabajo?
  - c) ¿Cual es el signo de la variación de la energía interna?
- 2) Un sistema se lleva del estado 1 al 2, calentándolo primero a volumen constante y luego a presión constante. Se repite el proceso, pero calentando primero a presión constante y luego a volumen constante. Discuta las siguientes afirmaciones:
    - a) Una persona afirma que la cantidad de calor entregada al sistema es la misma en ambos casos, pues se llega a la misma temperatura final.
    - b) Otra dice que la cantidad de calor intercambiado en ambos casos, es diferente.
    - c) Una tercera afirma que el orden en que se realizan las evoluciones no altera el resultado de las mismas y por lo tanto,  $Q_A = Q_B$ .
  - 3) Un recipiente contiene 8 g de Helio que inicialmente se halla a una temperatura de 27°C. La pared superior del recipiente está constituida por un émbolo móvil cuya masa es despreciable. Se calienta el gas hasta que su volumen sea el doble del inicial. ¿Cuáles son el trabajo realizado por el gas, la variación de su energía interna y el calor total absorbido por él, supuesto como gas ideal?
  - 4) Una masa  $M_a$  de gas monoatómico supuesto ideal, tiene coordenadas termodinámicas  $p_1$ ,  $V_1$  y  $T_1$ . Se expande adiabáticamente en forma cuasiestacionaria duplicando el volumen. Una masa  $M_b$  de gas diatómico tiene los mismos parámetros iniciales y realiza la misma evolución posterior.
    - a) ¿Son iguales los trabajos realizados?

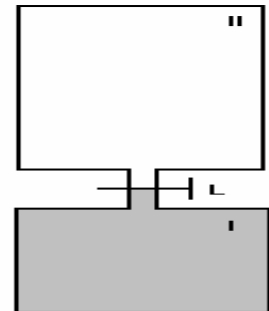


- b) ¿Existe alguna relación entre  $M_a$  y  $M_b$  para la cual las variaciones de energía interna sean iguales?
- 5) A un mol de gas se le hace describir el siguiente ciclo. El gas se dilata desde un volumen  $V_1$  hasta otro  $V_2 = 2V_1$  a temperatura constante. Luego se comprime a presión constante hasta volver al volumen inicial y por último vuelve al estado inicial calentándolo a volumen constante. ¿Cuál es el trabajo total realizado por el gas en dicho ciclo expresado en función de la temperatura inicial  $T_1$ ?

- 6) Si  $p_1 = 7 \text{ atm}$ ,  $V_1 = 1.5 \text{ dm}^3$ ,  $V_3 = 5 \text{ dm}^3$  y la masa del gas es  $11.95 \text{ g}$  de  $\text{N}_2$  calcule:
- las coordenadas termodinámicas de los estados 1, 2 y 3.
  - $Q$ ,  $\Delta U$  y  $L$  para cada evolución.



- 7) Halle el trabajo realizado y el calor absorbido por  $n$  moles de un gas perfecto monoatómico que se dilata desde un volumen  $V_a$  hasta un volumen  $2V_a$ . La temperatura del gas es  $T_a$ . Considere que las dilataciones tienen lugar a) a presión constante b) a temperatura constante y c) adiabáticamente.
- 8) Un mol de Helio a  $0^\circ\text{C}$  y a  $1 \text{ atm}$  de presión se comprime adiabáticamente hasta  $5 \text{ atm}$  y luego se lo enfría hasta  $0^\circ\text{C}$  a volumen constante. ¿Cuál es la presión final? Graficar la transformación.
- 9) El recipiente I de volumen  $V_1$  contiene una masa de gas a temperatura  $T_1$  y presión  $P_1$ . En el recipiente 2 se ha efectuado el vacío. Ambos recipientes están térmicamente aislados y son rígidos. Se abre la llave L, permitiendo que el gas se expanda hasta que se alcanza el equilibrio. Se observa que se produjo una leve disminución de la temperatura del gas.



- ¿Hubo intercambio de calor con el exterior?
- ¿El gas realizó trabajo al expandirse?
- ¿Varió la energía interna? ¿Aumentó o disminuyó?
- ¿El gas utilizado es real o ideal?

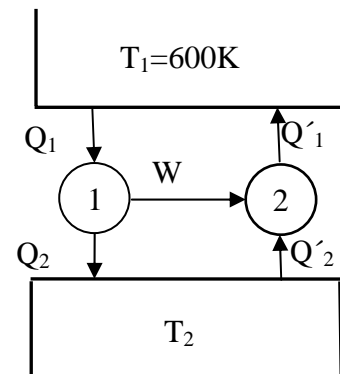
## Guía 13: Segundo Principio de la termodinámica

- ¿Cuáles son las relaciones entre los volúmenes iniciales y finales de las expansiones y compresiones adiabáticas del ciclo de Carnot?
- La difusión de un gas (por ejemplo, perfume) en la atmósfera ¿es un proceso que puede pensarse como cuasi-reversible o no?

- 3) Describir algunos procesos de la naturaleza que no vulneren el primer principio de la Termodinámica, pero que a pesar de todo no ocurran.
- 4) a) ¿Se puede enfriar una cocina dejando abierta la puerta de la heladera eléctrica? b) ¿Se la puede calentar abriendo la puerta del horno?
- 5) Demuestre, en base al Segundo Principio, la imposibilidad de que por un punto pasen dos adiabáticas.
- 6) ¿Cuál es el medio más eficaz para aumentar el rendimiento de un ciclo de Carnot? ¿aumentar  $T_{caliente}$  manteniendo  $T_{fría}$  constante, o disminuir  $T_{fría}$ , manteniendo  $T_{caliente}$  constante?

**Solución:** Derive el rendimiento respecto de  $T_{fría}$  y respecto de  $T_{caliente}$  y compare variaciones.

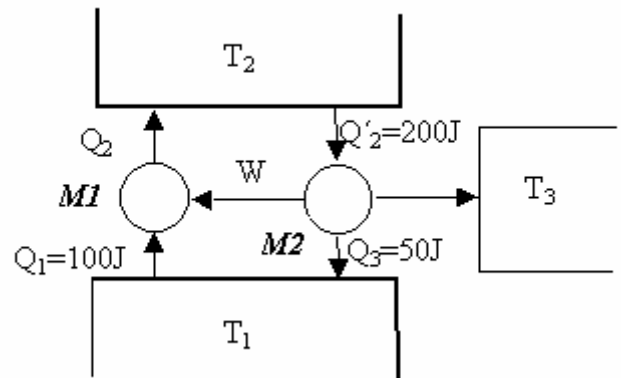
- 7) En un gas perfecto la energía interna es solo función de la temperatura. En una evolución isoterma se puede absorber calor de una única fuente y transformarlo íntegramente en trabajo. ¿Constituye esto una contradicción al Segundo Principio de la Termodinámica?
- 8) En un calorímetro adiabático se mezclan 1 kg de agua a  $100^{\circ}\text{C}$  con 1 kg de agua a  $0^{\circ}\text{C}$ . Calcular la variación de entropía del sistema y explique que sucede con la del Universo.
- 9) (a) Un kilogramo de agua a  $0^{\circ}\text{C}$  se pone en contacto con una gran fuente térmica a  $100^{\circ}\text{C}$ . Cuando el agua ha alcanzado  $100^{\circ}\text{C}$ : (a) ¿cuál ha sido la variación de la entropía del agua?, (b) ¿Qué ocurre con la variación de entropía del universo? (c) Si el agua se hubiera calentado desde  $0^{\circ}$  hasta  $100^{\circ}\text{C}$  poniéndola primero 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 la entropía del agua? ¿El grado de irreversibilidad del proceso es mayor, menor o igual al del proceso (a). (d) Explicar cómo se podría calentar agua desde  $0^{\circ}\text{C}$  hasta  $100^{\circ}\text{C}$ , sin variación de entropía del universo.
- 10) Dos máquinas operan tal como lo indica el gráfico. Se sabe que la temperatura de la fuente caliente es de 600 K, que la máquina 1 es reversible y absorbe 300 J cediendo 100 J y la máquina 2 absorbe 50 J de la fuente 2. Calcule:
  - a) la temperatura de la fuente fría.
  - b) la eficiencia de ambas máquinas.
  - c) ¿es la máquina 2 reversible? ¿por qué?



- 11) Una máquina reversible lleva un mol de gas ideal monoatómico ( $c_v = 3R/2$ ;  $\gamma = 5/3$ ) a través del ciclo ABCDA, con las siguientes características en cada una de las etapas:
  - AB = Expansión isotérmica hasta duplicar el volumen  $V_B = 2V_A = 4 \text{ l}$
  - BC = Expansión adiabática hasta disminuir la temperatura a la mitad  $T_C = T_B/2$
  - CD = compresión hasta  $V_D = V_A$  a presión constante
  - DA = Se cierra el ciclo a volumen constante, aumentando la presión hasta  $P_A = 16.2 \text{ atm}$
  - a) Graficar cualitativamente el diagrama  $PV$
  - b) Calcular el calor absorbido por el gas, el cambio en la energía interna, y el trabajo efectuado por el gas en cada uno de los procesos y en el ciclo completo.
  - c) Indicar si este ciclo corresponde a una máquina motora o frigorífica. Calcular su eficiencia.
- 12) Un mol de gas ideal está contenido en un cilindro diatérmico en contacto con el medio ambiente ( $P_{atm} = 1 \text{ atm}$ ,  $T_{amb} = 20^{\circ}\text{C}$ ). ¿Cuánto vale el volumen? Si ahora se aumenta de repente la presión exterior a  $P_{ext} = 2 \text{ atm}$  y se mantiene constante, averiguar:

- a) el volumen de equilibrio.
  - b) el calor absorbido (o cedido).
  - c) la variación de entropía del universo.
- 13) Responda ahora las preguntas para el caso de gas no ideal cuya ecuación de estado es:  $PV + a/V = RT$ ; y la energía interna es  $U = -(a/V) + c_v T + cte.$ ;  $a = 0,1 [1^2 atm]$
- 14) Se tiene un mol de gas ideal diatómico ( $c_v = 5R/2$ ,  $c_p = 7R/2$ ) que realiza una expansión isobárica AB, seguida de una descompresión isocora BC y finalmente una compresión adiabática CA que lo deja en el estado inicial. Suponiendo evoluciones cuasi-estacionarias:
- a) Grafique la evolución
  - b) Justifique si es una máquina frigorífica o motora.
  - c) Calcule el trabajo y el calor absorbido en cada parte del proceso en función de  $P_A$ ,
  - d)  $V_A$  y  $T_B$ .
  - e) Calcule la variación de entropía ( $\Delta S$ ) del sistema, del medio ambiente y del universo en cada fase del proceso y en el ciclo completo.
  - f) Si el proceso AB se realizara irreversiblemente a  $P_{ext} = P_A = \text{constante}$ , calcule el calor intercambiado. Se modifica  $\Delta S_{AB}$  del sistema con respecto al caso reversible? Justificar.

- 15) Se tienen dos máquinas funcionando en conjunto.  $M_1$  es reversible y su eficiencia frigorífica es  $3/4$ .
- a) Calcular  $T_2$ ,  $Q_2$  y  $W$  si es  $T_1 = 300$  K. Indicar si  $M_1$  es frigorífica o motora.
  - b) Hallar  $T_3$  para que la máquina 2 sea reversible.
  - c) Calcular  $\Delta S$  de cada máquina, de todas las fuentes y del universo para el caso reversible



- 16) Para las siguientes máquinas completar la información faltante y calificarlas como: reversible, irreversible e imposible

