Guía I1: FIS1523 - Termodinámica

Facultad de Física
Pontificia Universidad Católica de Chile
Prof. Mario Favre

1. El eje cilíndrico de acero de una polea de aluminio tiene un diámetro de 42.51 mm a 28° y debe fijarse en el agujero central de la polea, que tiene un diámetro circular de 42.5 mm, a la misma temperatura.

   a) ¿Cuánto debe disminuirse la temperatura del eje para que entre justo en el agujero de la polea?

   b) Suponga que luego de haber fijado el eje en la polea, la temperatura del conjunto desciende a -5°. Use argumentos cuantitativos para determinar si se desprende o no el eje de la polea en estas condiciones.
   $\alpha_{acero} = 1.1 \cdot 10^{-5} C^{-1}$, $\alpha_{aluminio} = 2.4 \cdot 10^{-5} C^{-1}$

   Resp.: *a*) ΔT = -21.4°C, *b*) No se desprende, por que a esa temperatura el radio del eje es mayor que el radio del agujero de la polea.

2. Un cuerpo de masa m, área de superficie A y calor específico c, a temperatura inicial T_0 se enfría por convección en una habitación que se encuentra a temperatura T_a. El coeficiente de transferencia de calor por convección es h. Encuentre una expresión para la temperatura, como función del tiempo.

   Resp.:
   $$T(t) = T_a + (T_0 - T_a)\, exp\,((-hA/mc)t)$$

3. Considere un colector solar de placa plana ubicado en el techo de una casa. En cierto momento las temperaturas en las superficies interior y exterior de la placa de vidrio son 28° y 25°, respectivamente. La cubierta de vidrio tiene un área de 2.2 m^2, un espesor de 0.6 cm, y una conductividad térmica $k = 0.7\ W/m \cdot^\circ C$. El calor se pierde desde la superficie por radiación y convección, con un coeficiente de transferencia de calor por convección $h = 10\ W/m^2 \cdot^\circ C$, a 15°. Determine:

   a) La fracción de calor perdido por radiación.

   b) La emisividad de la superficie exterior del vidrio.

   Resp.: *a*) $f_{rad} = 0.714$, *b*) $\epsilon = 0.54$.

4. Para generar agua caliente en una casa se usa un termo de 60 l, equipado con un calefactor de 1.6 kW. Cuando alguien decide tomar una ducha, el termo está lleno con agua a 80°C. El agua de la cañería de agua fría está a 20°C. El termo se mantiene encendido durante la ducha, mientras el agua caliente es reemplazada por fría. Luego de 8 minutos de funcionamiento de la ducha, la temperatura promedio en el interior del termo es 60°. Si el agua fría se mezcla con la caliente a una tasa de 0.06 kg/s, determine

   a) El gasto total de agua caliente.

b) La temperatura promedio del agua en la ducha.

$C_p = 4.18\ kJ/kg.^\circ C$, ρ_{agua}= 1000 kg/m^3

Resp.: *a*) $\dot{m}_{agua} = 0.565\ kg/s$, *b*) $< T > = 44.2$ °C.

5. Dos placas infinitas y negras, a 100 y 500°C, intercambian calor por radiaicón.

   a) Determine el flujo de calor por unidad de área de las placas.

   b) Si se pone otra placa perfectamente negra entre las dos, ¿Cuál será la temperatura en equilibrio de la nueva placa, y en cuánto se reduce el flujo de calor respecto del original?

   Resp.: *a*) 19.1 kW/m^2, *b*) 385.6°C y el flujo se reduce a la mitad.

6. Entre dos placas negras, cuya separación es mucho menor que sus dimensiones laterales, existe vacío. En la cara exterior de una de las placas existe convección al ambiente, que está a 80°C, con $h = 100\ W/m^2 \cdot^\circ C$. mientras que la cara exterior de la otra está expuesta a 20°C, con $h = 15\ W/m^2 \cdot^\circ C$. Encuentre la temperatura de las placas.

7. Considere una varilla cilíndrica de Cobre sólido de 50 cm de longitud y 1 cm^2 de sección. Los costados de la varilla están recubiertos por un material con conductividad térmica despreciable. Un extremo de la varilla está ennegrecido, de modo tal que su emisividad es igual a uno, y está expuesto a radiación térmica de paredes lejanas, que se encuentran a una temperatura fija de 127 °C.

   a) Encuentre el flujo de calor que debe existir en la barra para que la temperatura del extremo expuesto se mantenga constante en 27 °C.

   b) Suponiendo que el otro extremo de la varilla se mantiene a una temperatura fija de 20 K, determine la temperatura de la superficie del extremo expuesto en estado estacionario. (Ayuda: dada la alta conductividad térmica del cobre a baja temperatura, la temperatura del extremo expuesto debe ser cercana a los 20 K del otro extremo). La conductividad térmica del cobre a baja temperatura es k = 1670 $W/m \cdot K$.

   Resp.: *a*) $\dot{Q} \approx 0.1\ W$, *b*) $T \approx 20.4\ K$

8. Dos recipientes térmicamente aislados están conectados por un tubo corto y delgado, que posee una válvula, inicialmente cerrada. Uno de los recipientes, de 15 l de volumen, contiene oxígeno a 27°C y a una presión de 1.5 atm. El otro, de 20 l, contiene oxígeno a 127°C y a una presión de 2.5 atm. Se abre la válvula, los gases se mezclan, y la temperatura y presión se hacen uniformes en todo el sistema. Determine,

   a) La temperatura final.

   b) La presión final.

   Resp.: *a*) $T = 102$°C, *b*) $P = 2.14\ atm$

9. Un cilindro térmicamente aislado y con un pistón móvil de masa despreciable, que no experimenta roce, está inicialmente lleno con 3 l de agua líquida a 50°. El exterior del cilindro se encuentra a presión atmosférica (100 kPa).

a) Determine la cantidad de calor, expresada en Joule, que debe transferirse al sistema para que la temperatura del agua suba a 100°.

b) Alcanzada la temperatura de 100°C se transfieren $1.5{\cdot}10^6$ J de calor adicionales al sistema. Encuentre los volúmenes de agua líquida y vapor de agua en el cilindro al final del proceso.

c) Alternativamente, si alcanzada la temperatura de 100°C en el agua líquida se mantiene el proceso de transferencia de calor hasta que en el interior del cilindro sólo hay vapor de agua a 150°C, ¿qué cantidad de calor expresada en Joule debe transferirse al sistema para que ello ocurra?

d) Alcanzada la condición anterior, ¿cuál es el volumen que ocupa el vapor de agua?

Suponga que el vapor de agua se puede tratar como gas ideal. Calor específico del agua líquida: $c_{H_2O} = 4.18$ kJ/kg·K. Calor latente de vaporización del agua, $L_v = 2.257{\cdot}10^3$ kJ/kg. Volúmenes específicos del agua a 100°C y 100 kPa: $V_{liq} = 0.001043$ m^3/kg, $V_{vap} = 1.694$ m^3/kg.

10. Un mol de gas monoatómico recorre un ciclo compuesto de las siguientes tres etapas reversibles:
i) Compresión isotérmica (temperatura constante T_1) desde $2 \cdot 10^5$ Pa y 0.01 m^3 a $2 \cdot 10^6$ Pa y 0.001 m^3.
ii) Expansión isobárica (presión constante) para volver al gas al volumen original, variando la temperatura desde T_1 hasta T_2.
iii) Enfriamiento a volumen constante para llevar al gas a la presión y temperatura original.

    a) Determine T_1 y T_2 en grados Kelvin.

    b) Encuentre la energía ΔU y el calor ΔQ que absorbe el gas en cada etapa del proceso.

    c) Encuentre el trabajo realizdo por el gas en cada etapa del proceso.

11. Cierta cantidad de aire está contenida en un cilindro provisto de un pistón móvil. Inicialmente la presión del aire es $2 \cdot 10^7$ N/m^2, el volumen es 0.5 m^3 y la temperatura de 300 K. Considerando el aire como un gas ideal:

    a) Determinar el volumen final del aire si se deja expandir isotérmicamente hasta que la presión sea 10^7 N/m^2, desplazándose el pistón hacia afuera para permitir el aumento de volumen.

    b) ¿Cual será la temperatura final del aire si el pistón se mantiene fijo en su posición inicial y el sistema se enfría hasta que la presión sea 10^7 N/m^2?

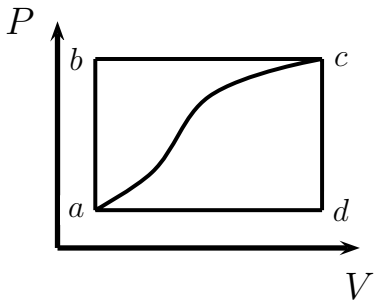
    c) Determine las temperaturas y volumenes finales si se deja expandir isotérmicamente desde la posición inicial hasta que la presión sea $1.5 \cdot 10^7$ N/m^2 y después se enfría a volumen constante hasta que la presión sea 10^7 N/m^2.

12. Cuando un sistema va del estado a al c a lo largo del camino abc, el sistema absorbe 80 J de calor y hace 30 J de trabajo.

    a) Si el sistema va de a a c por la trayectoria adc, haciendo un trabajo de 10 J, ¿Cuánto calor es absorbido en el proceso?

b) El sistema regresa de *c* a *a* a lo largo del camino curvo, haciendo un trabajo de 20 J. En este proceso el sistema ¿absorbe o libera calor? ¿En qué cantidad?

c) Si el cambio de energía interna entre los estados *a* y *d* es 40 J, determine el calor absorbido en los procesos *ad* y *ab*.



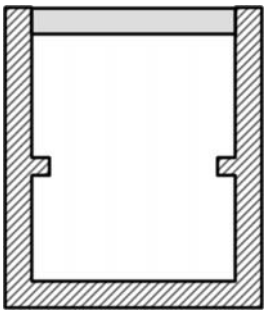
13. Considere un sistema cilidro/pistón, como el que muestra la figura Los topes dividen el cilindro en dos volúmenes idénticos. En el interior hay aire, con condiciones iniciales 400° y 150 kPa. Se permite que el aire se enfríe, alcanzando una temperatura de 20°.

    a) Determine si en el estado final el pistón está o no apoyado sobre los topes del interior del cilindro.

    b) Encuentre la presión en el estado final.

    c) Encuentre el trabajo específico hecho por el aire en el proceso.

    d) Represente el proceso en diagramas $P - v$ y $T - v$.



14. Un tanque rígido de 0.5 m^3 que contiene oxígeno a 20°C y 600 kPa está conectado mediante una válvula a otro estanque rígido de 0.5 m^3, que contiene nitrógeno a 30°C y 150 kPa. Ambos tanques están aislados térmicamente. Se abre la válvula, permitiendo que los gases se mezclen y alcancen el equilibrio térmico.

    a) Encuentre la temperatura de equilibrio luego de abierta la válvula.

    b) Encuentre la presión en el interior de los tanques luego de alcanzado el equilibrio térmico.

    c) Encuentre las presiones parciales de ambos gases luego de alcanzado el equilibrio térmico.

    Calores específicos: $c_{N_2} = c_{O_2} = 20.765$ J/mol·K.