



Guía 4: FIS1523 - Termodinámica

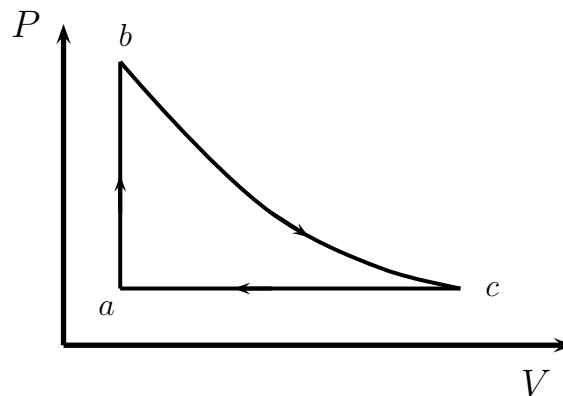
Facultad de Física

Pontificia Universidad Católica de Chile

Profs. Mario Favre - Andrés Gomberoff

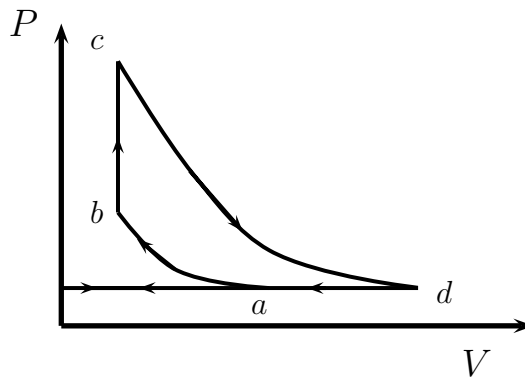
Primer Semestre 2010

- Un cilindro, cuyo volumen inicial es 4.0 L, contiene oxígeno a 2.0 atm y 300 K. Suponiendo que el O_2 puede ser tratado como gas ideal, y que se somete a los procesos siguientes:
 - Calentamiento a presión constante desde el estado inicial (estado 1) al estado 2, donde $T = 450$ K.
 - Enfriamiento a volumen constante hasta alcanzar la temperatura de 250 K (estado 3).
 - Compresión a temperatura constante hasta alcanzar el volumen de 4.0 L (estado 4).
 - Calentamiento a volumen constante hasta alcanzar la temperatura de 300 K, lo que vuelve al estado 1.
 - Represente el proceso que experimenta el gas en un diagrama PV , dando los valores específicos de P y V en cada uno de los estados.
 - Calcule Q y W en cada proceso.
 - Calcule el trabajo neto realizado por el gas en todo el ciclo.
 - Determine la eficiencia del ciclo.
 - Compare la eficiencia del ciclo con la de un ciclo de Carnot equivalente.
- Una máquina térmica opera con el ciclo de la figura, con 2 moles de Helio, que alcanza una temperatura máxima de 327° . El proceso BC es isotérmico. La presión en los estados a y c $1.0 \cdot 10^5$ Pa, y en el estado b es $3.0 \cdot 10^5$ Pa.
 - ¿Cuánto calor entra y sale del gas en cada ciclo?
 - ¿Cuánto trabajo hace la máquina en cada ciclo y cuál es su eficiencia termodinámica?
 - Compare la eficiencia termodinámica del ciclo con la máximo posible para las condiciones de operación



- 250 cm^3 de agua se encuentran en un termo, aislado térmicamente del exterior. Se sumerge en el agua un calefactor eléctrico. Se observa que mientras la temperatura del agua aumenta de 20°C a 80°C , la temperatura del elemento calefactor permanece constante en 120°C . Encuentre el cambio de entropía:

- a) el agua
 b) el elemento calefactor
 c) el sistema agua-elemento
 d) discuta si el proceso es reversible o irreversible.
4. Un objeto de masa m_1 y calor específico c_1 , que se encuentra a la temperatura T_1 , se pone en contacto con otro de masa m_2 y calor específico c_2 , que está a temperatura T_2 . Transcurrido un cierto tiempo se observa que la temperatura del primero cambia a T'_1 y la del segundo a T'_2 .
- a) Encuentre una expresión para el cambio del entropía del sistema.
 b) Determine qué condición deben cumplir T'_1 y T'_2 para que el cambio de entropía sea máximo.
5. La figura muestra el diagrama PV para el ciclo de Sargent de un gas ideal. En el ciclo el proceso ab es una compresión adiabática y el proceso cd , una expansión adiabática. Suponiendo que el proceso es cuasiestático, encuentre la representación del ciclo en un diagrama TS (temperatura-entropía), expresando el resultado en términos de γ y las temperaturas en los puntos a, b, c y d .



6. La figura muestra una máquina a vapor basada en una caldera y una turbina. La caldera tiene un volumen de 100 L y contiene inicialmente agua saturada con una pequeña cantidad de vapor a 100 kPa. Luego se agrega calor a la caldera. El regulador de presión, que mantiene la presión constante, no se abre hasta que la presión en el interior de la caldera alcance 700 kPa. El vapor saturado entra a la turbina a 700 kPa y sale a la atmósfera como vapor saturado a 100 kPa. La caldera se apaga cuando no hay más líquido en su interior. Encuentre el trabajo total hecho por la turbina y el calor transferido a la caldera en el proceso.
7. Se quiere producir refrigeración a temperatura $T_f = -30^\circ\text{C}$. Está disponible un reservorio a temperatura $T_c = 200^\circ\text{C}$ y la temperatura ambiente es $T_a = 30^\circ\text{C}$. De este modo se puede hacer trabajo mediante una máquina térmica cíclica que opera entre la temperatura del reservorio y la del medio ambiente. Este trabajo se usa para operar el refrigerador. Suponiendo que todos los procesos son reversibles, determine el cociente entre el flujos de calor Q_c/Q_f .

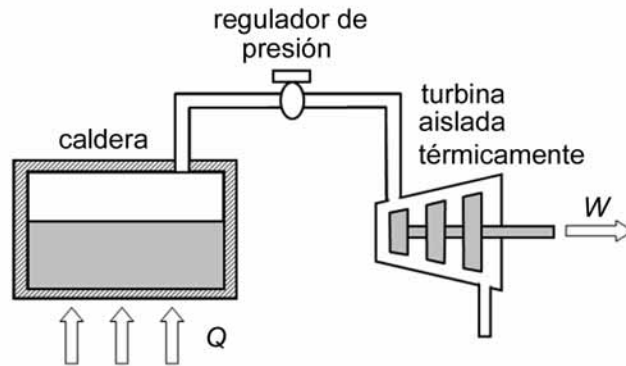


Figura 1: problema 6

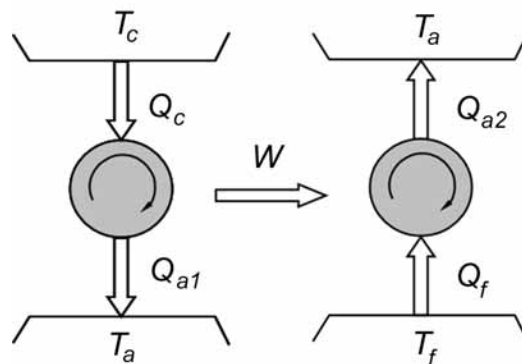


Figura 2: problema 7

8. Helio pasa a través de una válvula de expansión (proceso de Joule-Thomson) entrando a 20°C y 1.2 MPa y saliendo a 100 kPa . El diámetro del tubo de salida es tanto mas grande que el de entrada que las velocidades de salida y entrada son iguales. Encuentre la temperatura de salida del helio y la razón entre los diámetros de las cañerías.
9. Un difusor, al revés de una tobera, aumenta la presión de un fluido y disminuye su velocidad. Considere un difusor que recibe un flujo de gas ideal a 100 kPa y 300 K a una velocidad de 250 m/s . Si la velocidad de salida es de 25 m/s , determine la temperatura de salida si el gas es argón, helio o nitrógeno. Asuma que no hay transferencia de calor en el proceso.
10. El pequeño generador de la figura tiene una válvula de expansión por donde pasa el gas antes de entrar a la turbina. Por la válvula pasan 0.24 kg/s de vapor a 1.4 MPa y 250°C , que salen a 1.1 MPa . El gas luego entra a la turbina y sale a una presión de 10 kPa . Si la turbina produce 100 kW de potencia encuentre la temperatura con que sale el vapor de la turbina (y la calidad de la mezcla si es una mezcla saturada).
11. Una cañería de vapor en un edificio de 300 m de alto recibe vapor supercalentado a 200 kPa al nivel del suelo. En el piso de arriba la presión cae a 125 kPa . Si la pérdida de calor a través de la cañería es de 110 kJ/kg , calcule la temperatura a la que el vapor debe ser inyectado para que el agua no se condense en la cañería.

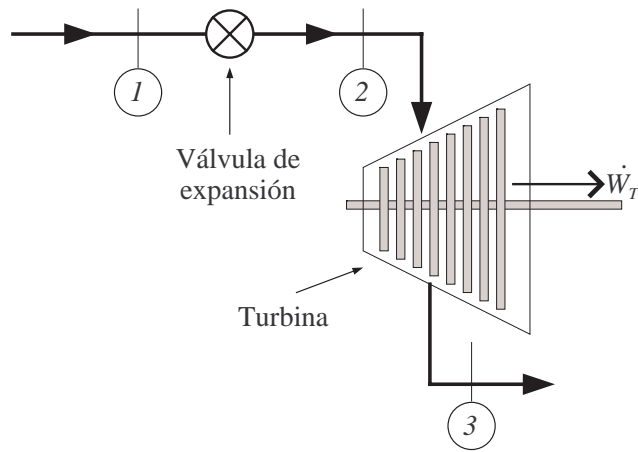


Figura 3: problema 10

12. *(Este problema es difícil. Si no pueden resolverlo, consulten el artículo F. Curzon and B. Ahlborn, Am. J. Phys. 43 (1975) 22, disponible electrónicamente en la biblioteca de la PUC)*

Las máquinas cerca de la reversibilidad maximizan eficiencia, pero suelen tener baja potencia dada la lentitud de cada proceso. Una máquina endoreversible es aquella en que los procesos de transferencia de calor son los únicos no son reversibles del ciclo. En estos, el calor entra en el sistema desde un baño térmico a temperatura T_A mayor que la del fluido de trabajo. Lo mismo ocurre con la entrega de calor, a un baño a temperatura T_B mucho más baja que la del fluido. Esto hace que el flujo de calor sea mayor y los tiempos más breves. Vea por ejemplo el ciclo de la figura. En éste, el calor Q_1 fluye desde un baño a temperatura T_A al fluido a temperatura constante T_1 , a través de una diferencia de temperatura $T_A - T_1$. Lo mismo ocurre en el proceso isotérmico a temperatura T_2 , en que el sistema entrega calor Q_2 al baño a baja temperatura T_B .

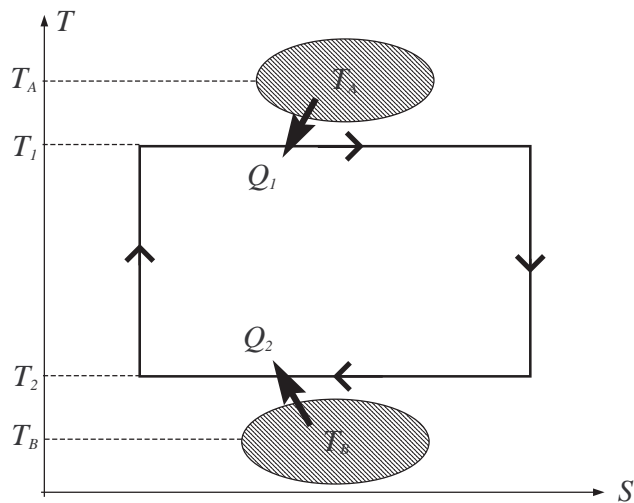


Figura 4: problema 12

Suponga que el tiempo que demora el proceso isothermal Δt_1 a alta temperatura es tal que

$$\frac{Q_1}{\Delta t} = \sigma_1(T_A - T_1),$$

en que σ_1 es la conductancia (el producto entre la conductividad térmica por el área, dividido por el grosor de la pared que separa al sistema del baño térmico). Suponga una expresión análoga para la transferencia de calor durante el proceso isotérmico a temperatura T_2 .

- a) Calcule la potencia W/t , en que $t = \Delta t_1 + \Delta t_2$. Aquí hemos hecho la suposición que los procesos adiabáticos se hacen en tiempos despreciables respecto de aquellos que incluyen transferencia de calor.
- b) Dadas las temperaturas T_A, T_B , encuentre las temperaturas intermedias T_1 y T_2 que maximizan la potencia. Encuentre la potencia de esta máquina así maximizada.
- c) Demuestre que la eficiencia de este motor es

$$\epsilon = 1 - \sqrt{\frac{T_B}{T_A}}$$

- d) Muestre que la eficiencia es siempre menor que aquella de una máquina de Carnot entre las mismas temperaturas T_A, T_B . Grafique la eficiencia en términos de la eficiencia de la máquina de Carnot equivalente.
- e) Considere una máquina endorreversible para la cual $T_A = 100^\circ\text{C}$ y $T_B = 20^\circ$. Suponga que la máquina es operada a máxima potencia. Calcule la razón entre el calor que se absorbe desde el baño caliente y el que se absorbería con una máquina de Carnot (por Kilowatt hora de trabajo entregado).)(Respuesta: 1.9).