

Física 2 - Segundo parcial  
6 de julio de 2019  
Duración: 3,5 horas.

## Problema 1

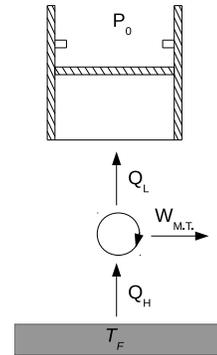
Se desea refrigerar una muestra de 7 gramos de gas nitrógeno ( $N_2$ ) hasta alcanzar la temperatura de 90,2 K. El  $N_2$  está contenido en un cilindro de paredes laterales adiabáticas y cerrado por un pistón también adiabático. Inicialmente, el  $N_2$  está a 500 K y a 2,5 atm (estado 1). El enfriamiento se realizará a través de 3 procesos:

- (i) Se acciona el pistón de forma tal que el  $N_2$  realiza una expansión adiabática hasta que el volumen se duplica (estado 2).
  - (ii) Luego, se pone el  $N_2$  en contacto térmico con una reserva térmica compuesta de oxígeno ( $O_2$ ) a 90,2 K y presión atmosférica, estando el  $O_2$  en estado líquido justo al inicio del cambio de fase líquido-gaseoso. Durante este proceso el pistón puede moverse libremente y sin fricción. El  $N_2$  intercambia calor con la reserva térmica hasta alcanzar la temperatura de 200 K (estado 3).
  - (iii) Por último, se fija la posición del pistón y el sistema sigue intercambiando calor con la reserva hasta que se alcanza el equilibrio térmico (estado 4). Durante el proceso el  $O_2$  siempre estuvo en cambio de fase.
- (a) Determine la temperatura, la presión y el volumen para todos los estados del  $N_2$ , del 1 al 4. Expresé los resultados en una tabla.
  - (b) Dibuje un diagrama P–V del proceso que realiza el  $N_2$ , indicando las isothermas relevantes.
  - (c) Determine la variación de energía interna del  $N_2$  a lo largo de todo el proceso y el trabajo total realizado sobre la sustancia.
  - (d) ¿Cuál es la masa mínima de  $O_2$  necesaria para que el proceso se lleve a cabo? Observe que el  $O_2$  debe estar en cambio de fase en todo momento del proceso.
  - (e) Determine la variación de entropía del universo asociada a todo el proceso.

## Problema 2

Un cilindro con topes, cerrado por un pistón de masa  $m_p = 50$  kg y sección  $A = 0.1$  m<sup>2</sup>, que puede moverse libremente y sin fricción, contiene una cierta cantidad de gas ideal monoatómico. El volumen ocupado por el gas cuando el pistón alcanza los topes es  $V_T = 1.0$  m<sup>3</sup>. En el estado inicial, el gas ocupa un volumen  $V_1 = \frac{V_T}{2}$  y se encuentra en equilibrio, a una temperatura  $T_1 = 410$  K. El gas se calienta cuasiestáticamente por medio de una máquina térmica que extrae calor de una reserva térmica a temperatura  $T_F = 1100$  K y lo libera al sistema pistón-cilindro, como se muestra en la figura. El proceso termina cuando la máquina térmica ya no puede extraer trabajo del sistema. Se sabe que el número de ciclos que completa la máquina térmica durante el proceso descrito es entero y que produce un trabajo de  $|W_{M.T.}| = 90$  kJ. El gas únicamente puede intercambiar calor con la máquina térmica.

- (a) Determine la presión, el volumen y la temperatura final del gas.
- (b) Halle la variación de entropía del universo asociada a todo el proceso.



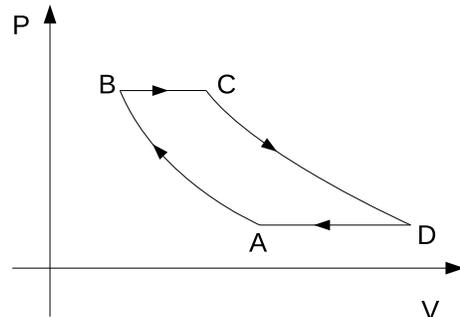
### Problema 3

La figura muestra un ciclo Brayton, que funciona utilizando gas ideal como sustancia de trabajo. El ciclo consiste en dos etapas adiabáticas y dos isóbaras.

- (a) Indique si se trata de una máquina térmica o refrigerador. Justifique brevemente.
- (b) Determine  $|Q_H|$  y  $|Q_L|$  en función de las temperaturas de los puntos A, B, C y D y  $c_p$  y el número de moles  $n$ .
- (c) Demuestre que la eficiencia o el coeficiente de performance del dispositivo puede escribirse como:

$$x = 1 - \frac{1}{r^{(\gamma-1)/\gamma}}$$

donde  $r = \frac{p_B}{p_A}$  y  $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ .



#### DATOS:

- Masa molar del nitrógeno:  $M_{N_2} = 28 \text{ g}$ .
- Presión atmosférica:  $1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa}$ .
- Constante de los gases:  $R = 8.31 \text{ J}/(\text{mol K}) = 0,082 \text{ atm.lit}/(\text{mol K})$ .
- Aceleración de la gravedad:  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ .
- Calor latente de vaporización del oxígeno a  $90,2 \text{ K}$  y presión atmosférica:  $|L| = 213 \text{ kJ/kg}$ .