Departamento de Ciencias
Energéticas y Fluídicas

Segunda Ley de la Termodinámica

Guía 10

1) Un motor Diesel efectúa 2 200 J de trabajo mecánico y desecha (expulsa) 4 300 J de calor en cada ciclo. a) ¿Cuánto calor debe aportarse al motor en cada ciclo? b) Calcule la eficiencia térmica del motor.

Para un motor térmico.

$$W = |Q_H| - |Q_C|$$

a)

$$|Q_H| = W + |Q_C|$$

$$|Q_H| = 2200\ \text{J} + |-4300\ \text{J}|$$

$$Q_H = 6500\ \text{J}$$

Se le debe aplicar a cada ciclo.

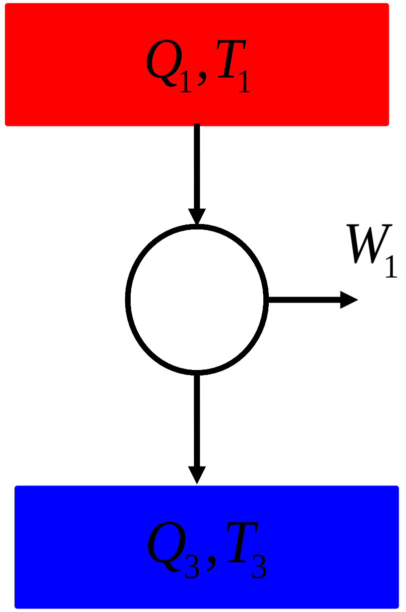
b)

$$e = 1 - \left|\frac{Q_C}{Q_H}\right|$$

$$e = 1 - \left|\frac{-4300\ \text{J}}{6500\ \text{J}}\right|$$

$$e = 0.34 \approx 34\%$$

2) Por cada 2.00 J de salida de trabajo una máquina de Carnot suministra 3.00 J de calor a un depósito de baja temperatura. a) ¿Qué eficiencia tiene esta máquina de Carnot? b) En esta máquina la temperatura del reservorio frío es, T_L= 27 °C. ¿Qué puede concluirse respecto de la temperatura del reservorio caliente, T_H?



a)

$$e_{Carnot} = \frac{T_H - T_L}{T_H} \qquad (1)$$

- Para encontrar T_H

$$e_{Carnot} = 1 - \frac{|Q_L|}{|Q_H|} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

$$\frac{|Q_L|}{|Q_H|} = \frac{T_L}{T_H}$$

$$T_H = T_L \frac{|Q_H|}{|Q_L|} \qquad (2)$$

- Encontrando Q_H

$$W = |Q_H| - |Q_L|$$

$$|Q_H| = W + |Q_L|$$

$$|Q_H| = 2.00\ \text{J} + |-3.00\ \text{J}|$$

$$|Q_H| = 5.00\ \text{J}$$

- Sustituyendo en (II)

$$T_H = T_L \frac{|Q_H|}{|Q_L|}$$

$$T_H = (300.15\ \text{K}) \frac{|5.00\ \text{J}|}{|-3.00\ \text{J}|}$$

$$T_H = 500.25\ \text{K}$$

- Sustituyendo en (I)

$$e_{Carnot} = \frac{T_H - T_L}{T_H}$$

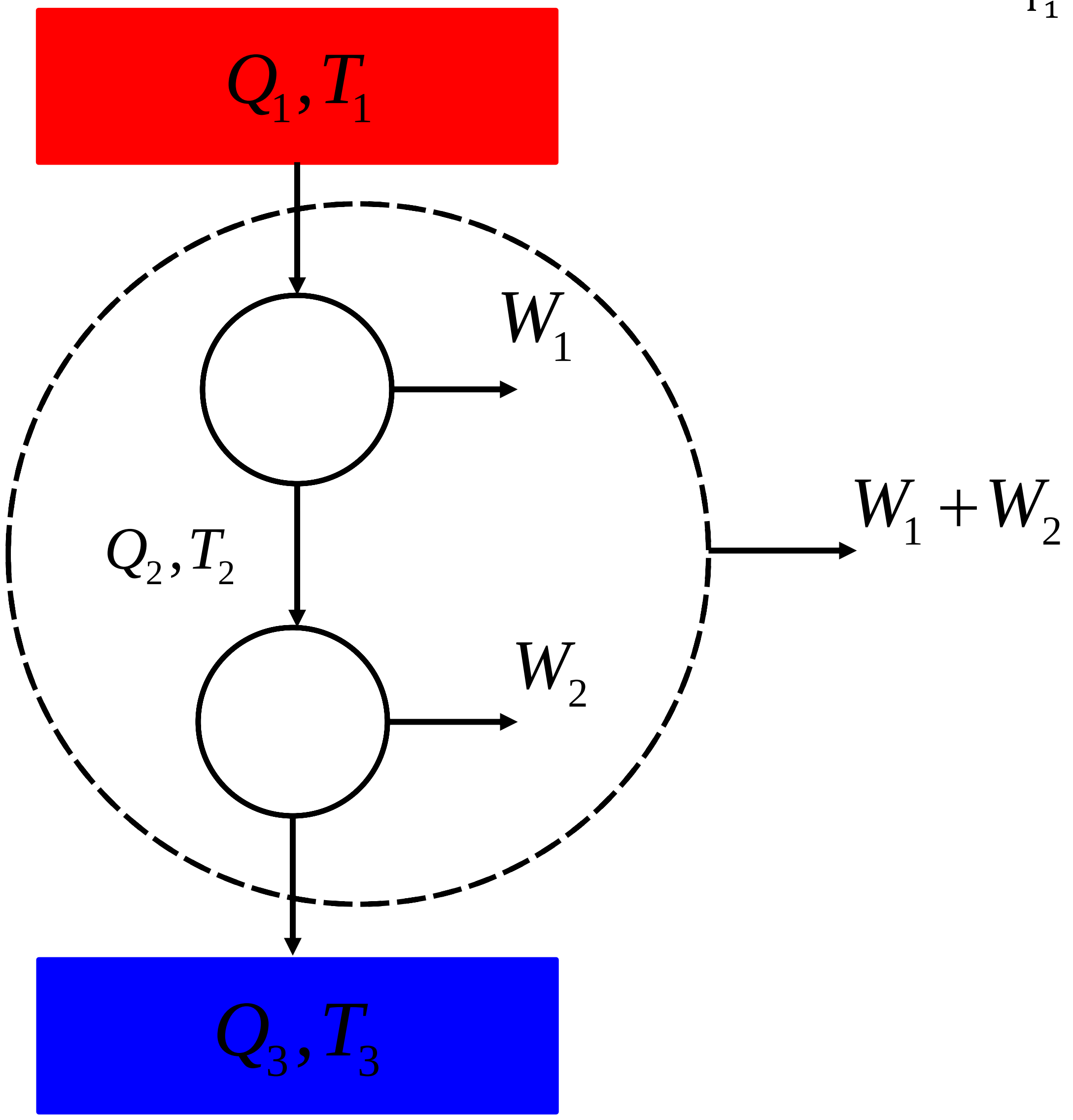
$$e_{Carnot} = \frac{500.25\ \text{K} - 300.15\ \text{K}}{500.25\ \text{K}} = 0.4$$

b) En esta máquina la temperatura del reservorio frío es, T_L= 27 °C. ¿Qué puede concluirse respecto de la temperatura del reservorio caliente, T_H?

- La eficiencia de la maquina de Carnot solo depende de las temperaturas de las dos fuentes de calor.

- Si la diferencia entre ambas temperaturas mayor, la eficiencia es mayor, si la diferencia es menor la eficiencia será menor.

3) En una máquina de calor de dos etapas de Carnot, durante la primera de ellas se absorbe cierta cantidad de calor Q_1 a una temperatura T_1 se realiza trabajo W_1 y se expulsa cierta cantidad de calor Q_2 a una temperatura menor T_2. La segunda etapa absorbe el calor expulsado en la primera, realiza trabajo W_2 y expele una cantidad de calor Q_3 a una temperatura más baja T_3. Demuestre que la eficiencia de la combinación es $e = \frac{T_1 - T_3}{T_1}$



$$e_{Carnot} = \frac{T_H - T_C}{T_H}$$

$$\boxed{e_{Carnot} = \frac{T_1 - T_3}{T_1}}$$

4) Un inventor pretende haber inventado cuatro máquinas, cada una de las cuales opera entre depósitos de calor a 400 K y 300K. Los datos para cada máquina por ciclo de operación, se resumen en la siguiente tabla:

Máquina	$Q_{abs}[J]$	$Q_{rech}[J]$	$W[J]$
A	200	175	40
B	500	200	400
C	600	200	400
D	100	90	10

a) ¿Cuál de estas máquinas podría ser verdadera?
b) ¿Qué ley o leyes de la termodinámica rompe cada máquina?

Verificar primera ley $W_{neto} = Q_{neto}$ $W_{neto} = Q_H + Q_C$

Máquina	**W calculado (J)**	**W tabla (J)**	**¿ cumple?**
A	(200+(-175)) = 25	40	No
B	(500+(-200)) = 300	400	No
C	(600+(-200)) = 400	400	Sí
D	(100+(-90)) = 10	10	Sí

Verificar segunda ley

$$e_{carnot} = 1 - \left(\frac{T_C}{T_H}\right)$$

$$e_{carnot} = 1 - \left(\frac{300\text{ K}}{400\text{ K}}\right) = 0.25$$

$$e = \frac{W}{Q_H}$$

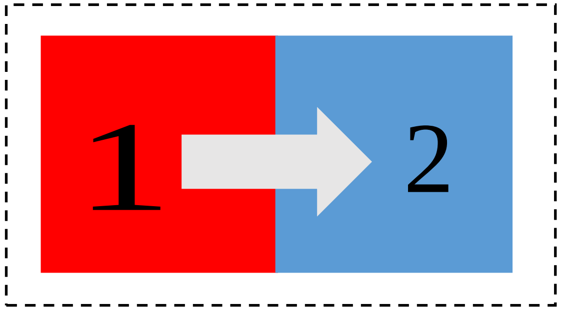
Máquina	**Eficiencia real**	**¿ Cumple?**
A	$e = \frac{40\text{ J}}{200\text{ J}} = 0.2$	Sí
B	$e = \frac{400\text{ J}}{500\text{ J}} = 0.8$	No
C	$e = \frac{400\text{ J}}{600\text{ J}} = 0.67$	No
D	$e = \frac{10\text{ J}}{100\text{ J}} = 0.1$	Sí

Resultados:

Máquina	Primera ley	Segunda ley
A	No	Sí
B	No	No
C	Sí	No
D	Sí	Sí

5) Un sistema consiste en dos reservorios térmicos uno a una temperatura T1, y otro a una temperatura T2, siendo T1> T2. El sistema completo se encuentra aislado del medio ambiente. Si se permite que los reservorios entren en contacto térmico durante un cierto tiempo, se transfiere una cantidad de calor *Q* entre ellos.

a. Calcule el cambio de entropía de cada reservorio y el cambio total de entropía del sistema aislado.
b. ¿Es el cambio total de entropía positivo o negativo?
c. Si usted supusiese, en contra del sentido común, que el calor se hubiese transferido de menor a mayor temperatura, ¿qué signo tendría el cambio de entropía total del sistema aislado en su conjunto?



a)

$$\Delta S_1 = -\frac{Q}{T_1} \qquad \Delta S_2 = \frac{Q}{T_2}$$

$$\Delta S_{total} = \Delta S_1 + \Delta S_2$$

$$\Delta S_{total} = -\frac{Q}{T_1} + \frac{Q}{T_2}$$

$$\Delta S_{total} = Q\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

$$\Delta S_{total} = Q\left(\frac{T_1 - T_2}{T_1 T_2}\right)$$

b) $\Delta S_{total} > 0$

c) $\Delta S_{total} < 0$

$$\Delta S_{sistema} + \Delta S_{entorno} \geq 0$$

6) Un mol de un gas ideal diatómico se expande de un estado inicial con un volumen V_1=10.0 L y una temperatura de 573 K, hasta un volumen final V_2=50.0 L. Calcule el cambio de entropía del gas si esta expansión ocurre por medio de un proceso: a) isotérmico y reversible, b) adiabático y reversible.

a)

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

$$\Delta S = \frac{nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)}{T}$$

$$\Delta S = nR \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$\Delta S = (1.00 \text{ mol})\left(8.314 \ \frac{\text{J}}{\text{mol K}}\right)\ln\left(\frac{50.0 \text{ L}}{10.0 \text{ L}}\right)$$

$$\Delta S = 13.4 \ \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

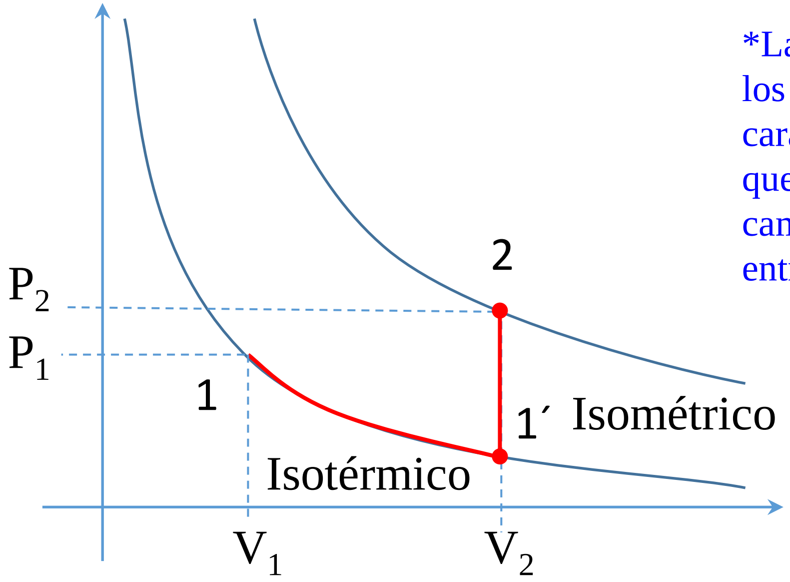
b)

$$dQ = 0$$

$$dS = \frac{dQ}{T} = 0$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = 0$$

Cálculo del cambio de entropía en un proceso adiabático reversible a través de un camino hipotético entre sus mismos estados inicial y final.



*La ilustración no corresponde con los estados del problema, solo es de carácter ilustrativo para mostrar que se pueden formar diferentes caminos hipotéticos dada que la entropía es una función de estado

$$\Delta S = nR\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) + nC_v\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

$$T_2 = (573\text{ K})\left(\frac{10.0\text{ L}}{50.0\text{ L}}\right)^{1.40-1}$$

$$T_2 = 301\text{ K}$$

$$\Delta S = nR\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) + n\frac{5}{2}R\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$\Delta S = nR\left(\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) + \frac{5}{2}\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)\right)$$

$$\Delta S = (1.00\text{ mol})\left(8.314\ \frac{\text{J}}{\text{mol K}}\right)\left(\ln\left(\frac{50.0\text{ L}}{10.0\text{ L}}\right) + \frac{5}{2}\ln\left(\frac{301\text{ K}}{573\text{ K}}\right)\right)$$

$$\Delta S \approx 0.00\ \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

¡Gracias!