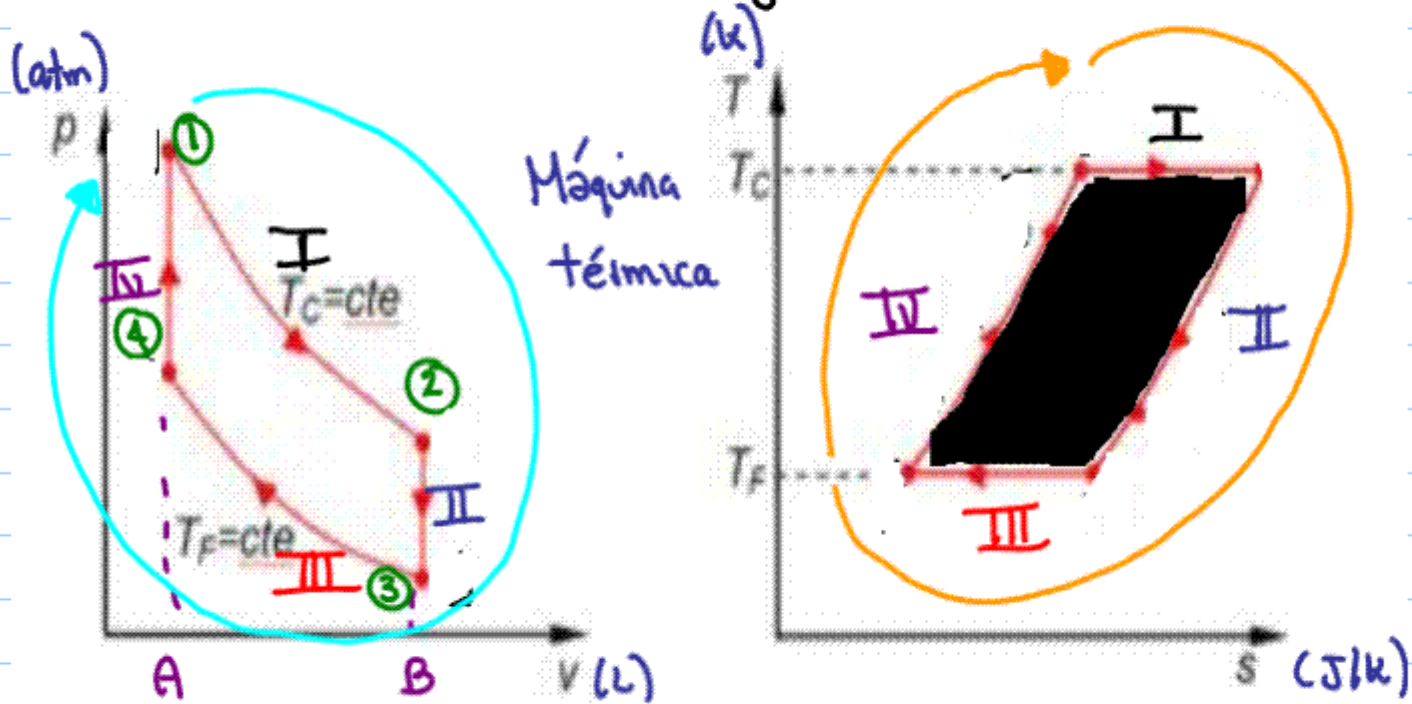


Clase 21 4 Septiembre 2014

Título de la nota

04/09/2014

Ciclo de Stirling



I Exp Isot. Rev. II Enf. Isoc. Rev.

III Comp. Isot. Rev. IV Calent. Isoc. Rev.

La eficiencia máxima del ciclo se puede calcular como máquina de Carnot.

$$\eta = \frac{T_C - T_F}{T_C} = 1 - \frac{T_F}{T_C}$$

Sin embargo la eficiencia del ciclo es menor que la eficiencia máxima

Primero hay que determinar que procesos absorben calor y que procesos ceden calor

$Q_c = \text{endotérmico} = \text{absorbe calor} = \text{I y IV}$

$Q_f = \text{exotérmico} = \text{cede calor} = \text{II y III}$

Justificación

IV por calentamiento absorbe y I por expansión $W = Q$ ✓

II cede calor por enfriamiento y III por compresión $-W = -Q$ ✓

por lo tanto la eficiencia

$$\eta = \frac{Q_c + Q_F}{Q_c} = 1 + \frac{Q_F}{Q_c} \quad V_3 = V_2 > V_4 = V_1$$

$$Q_F = nRT_F \ln \frac{V_4}{V_3} + n\bar{C}_V (T_F - T_c) \quad V_4 = V_1$$

$$Q_c = nRT_c \ln \frac{V_2}{V_1} + n\bar{C}_V (T_c - T_F) \quad V_3 = V_2$$

arreglando

$$n \left[\cancel{nRT_c \ln \frac{V_3}{V_1}} + \cancel{n\bar{C}_V (T_c - T_F)} - \left[\cancel{nRT_F \ln \frac{V_4}{V_3}} + \cancel{n\bar{C}_V (T_F - T_c)} \right] \right]$$

$$= \cancel{nRT_c \ln \frac{V_2}{V_1}} + \cancel{n\bar{C}_V (T_c - T_F)}$$

Stirling

$$= \frac{Q_c + Q_F}{Q_c} = 1 + \frac{RT_F \ln \frac{V_4}{V_3} + \bar{C}_V (T_F - T_c)}{RT_c \ln \frac{V_2}{V_1} + n\bar{C}_V (T_c - T_F)}$$

por lo tanto

$$\eta_{\text{Stirling}} < \eta_{\text{m\u00e1xima}}$$

Comprobarlo con un ejercicio de ciclo de Stirling

con los siguientes datos (gas perfecto)

$$P_1 = 1 \text{ atm} \quad n = 5 \text{ mol } \text{N}_2$$

$$T_F = 273.15 \text{ K} \quad T_C = 313.15 \text{ K}$$

Expansi\u00f3n al doble del volumen inicial

Dibujar el ciclo Termodin\u00e1mico
y la maquina de Stirling

Dibujar gr\u00e1ficos de grado de avance

I Predicción de variables

$$P_1 > P_4 > P_2 > P_3$$

$$V_4 = V_1 < V_2 = V_3$$

$$T_1 = T_2 > T_3 = T_4$$

orden del ciclo

I Exp. Isot. Rev.

II Enf. Isoc. Rev.

III Comp. Isot. Rev.

IV Calent. Isoc. Rev.

Fuente
Caliente

Fuente
Fría

II Cálculo de variables

$$V_1 = \frac{nRT_1}{P_1} = \frac{(5 \text{ mol})(0.082 \text{ atmL/molK})(313.15 \text{ K})}{1 \text{ atm}} = 128.39 \text{ L}$$

$$V_2 = 2V_1 = 2(128.39 \text{ L}) = 256.78 \text{ L}$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right) = 1 \text{ atm} \left(\frac{V_1}{2V_1} \right) = 0.5 \text{ atm}$$

$$P_3 = P_2 \left(\frac{273.15 \text{ K}}{313.15 \text{ K}} \right) = 0.5 \text{ atm} \left(\frac{273.15 \text{ K}}{313.15 \text{ K}} \right) = 0.43 \text{ atm}$$

$$V_3 = V_2 = 256.78 \text{ L} \quad V_4 = V_1 = 128.39 \text{ L}$$

$$P_4 = P_3 \left(\frac{V_3}{V_4} \right) = 0.43 \text{ atm} \left(\frac{256.78 \text{ L}}{128.39 \text{ L}} \right) = 0.87 \text{ atm}$$

III Cuadro de Variables

		P(atm)	V(L)	T(K)
I	1	1	128.39	313.15
I	2	0.5	256.78	313.15
II	3	0.43	256.78	273.15
III	4	0.87	128.39	273.15

A large bracket on the right side of the table, labeled with the Roman numeral IV, spans from the first row to the last row.

IV Cálculo de Funciones

I Exp. Isot. Rev. ✓

$$\Delta U = 0 \quad \Delta H = 0$$

$$\Delta S = nR \ln \frac{V_2}{V_1} = 28.81 \text{ J/K}$$

$$Q = W = (\Delta S)(T) = (28.81 \text{ J/K})(313.15 \text{ K}) = 9023.14 \text{ J}$$

II Entf. Isoc. Rev. ✓

$$W = 0 \quad Q = \Delta U = n\bar{C}_V(T_F - T_C) = -4157 \text{ J}$$

$$\Delta H = n\bar{C}_P(T_F - T_C) = -5919.8 \text{ J}$$

$$\Delta S = n\bar{C}_V \ln \frac{T_F}{T_C} = -14.2 \text{ J/K}$$

III Comp. Isot. Rev.

$$\Delta H = 0$$

$$\Delta U = 0$$

$$Q = W = nRT_F \ln \frac{V_4}{V_3} = -7870.57 \text{ J}$$

$$\Delta S = nR \ln \frac{V_4}{V_3} = -28.81 \text{ J/K}$$

IV Calent. Isoc. Rev.

$$W = 0$$

$$Q = \Delta U = n\bar{c}_V (T_C - T_F) = 4157 \text{ J}$$

$$\Delta H = n\bar{c}_P (T_C - T_F) = 5919.8 \text{ J}$$

$$\Delta S = n\bar{c}_V \ln \frac{T_C}{T_F} = 14.2 \text{ J/K}$$

IV Cuadro de Funciones

Funciones Termodinámicas

	ΔU (J)	ΔH (J)	ΔS (J/K)	Q (J)	W (J)
I	0	0	28.81	9023.14	9023.14
II	-4157	-5819.8	-14.2	-4157	0
III	0	0	-28.81	-7870.57	-7870.57
IV	4157	5819.8	14.2	4157	0
Total	0	0	0	1152.57	1152.57

$$Q \approx W$$

Cálculo de eficiencia

$$\eta_{\text{máxima}} = 1 - \frac{T_F}{T_c} = 1 - \frac{273.15}{313.15} = 0.1277$$

$$\% \cdot \eta_{\text{máxima}} = 12.77\%$$

$$\text{irling} = 1 + \frac{Q_F}{Q_c} = 1 + \frac{\bar{C}_v (T_F - T_c) + R T_F \ln \frac{U_4}{U_3}}{\bar{C}_v (T_c - T_F) + R T_c \ln \frac{U_2}{U_1}}$$

$$\% \eta_{\text{Stirling}} = 1 + \frac{Q_F}{Q_C} = \frac{Q_{II} + Q_{III}}{Q_I + Q_{IV}} \times 100$$

$$1 + \frac{(-41575 - 7870.57 \text{ J})}{(9023.14 + 41575)}$$

$$1 - \frac{12027.57}{13180.14} \times 100 = 8.74\%$$

Se comprueba $\% \eta_{\text{maxima}} > \% \eta_{\text{Stirling}}$

Tarea
los graficos
complementarios