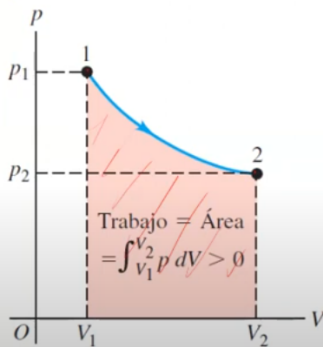
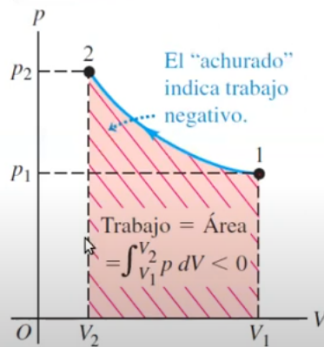


Trabajo mecánico

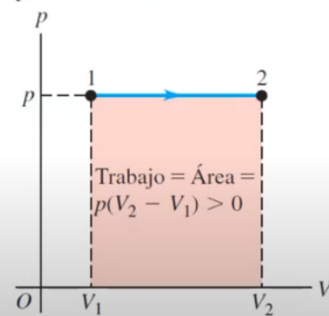
a) Gráfica pV para un sistema que sufre una expansión con presión variable



b) Gráfica pV para un sistema que sufre una compresión con presión variable



c) Gráfica pV para un sistema que sufre una expansión con presión constante



Expansión:

$$W > 0$$



Compresión:

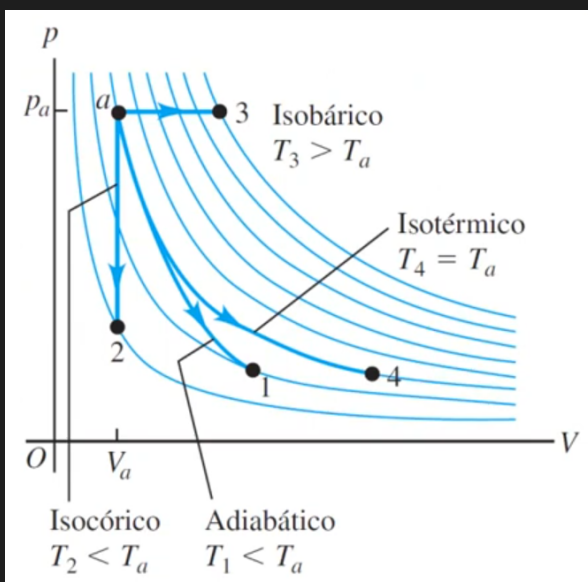
$$W < 0$$



Expansión con

P cte.:

$$W > 0$$



Expansión Isotérmica:

$$W = \int p \cdot dV$$

$$W = n \cdot R \cdot T \cdot \int \frac{1}{V} dV$$

$$\Delta U = 0$$

↑ gas ideal

$$\text{Pues } \Delta U = n \cdot C_v \cdot \underbrace{(T_f - T_o)}_{=0}$$

Expansión Isobárica.

$$W = \int p \cdot dV$$

$$= p \cdot (V_f - V_o)$$

$$= n R \cdot (T_f - T_o)$$

Proceso Isocórico ($V_f = V_0$)

$$W = \int_{V_0}^{V_f} p \cdot dV = 0$$

\uparrow
 $V_f = V_0$

$$W = 0$$

Expansión Adiabática

$$Q \downarrow = 0$$

$$\Delta U = -W$$

Se sabe que

$$p \cdot V^\gamma = \text{cte} \quad \text{y} \quad T \cdot V^{\gamma-1} = \text{cte} \quad \text{con} \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

$$W = \int_a^f p \cdot dV$$

\swarrow reemplazo y signo.

$$= \frac{1}{\gamma - 1} \cdot (p_a \cdot V_a - p_f \cdot V_f)$$

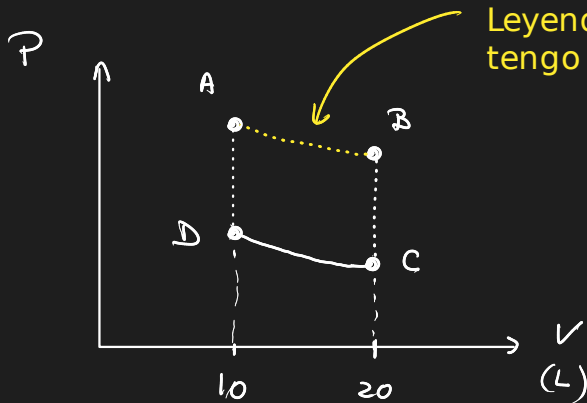
Como:

$$W = -\Delta U = -n \cdot C_v \cdot \Delta T$$

\nearrow junto y despejo.

Práctica N° 11: Máquinas térmicas y Entropía

1. Un mol de gas ideal ($C_v = \frac{3}{2} R$) realiza el siguiente ciclo:
- AB)** Se expande contra una presión exterior constante, en contacto térmico con una fuente de calor a 300°K , desde $V_A = 10$ litros hasta el volumen de equilibrio con la presión externa, $V_B = 20$ litros.
- BC)** Se traba el volumen en 20 litros, y se pone el gas en contacto térmico con una fuente de calor a 200°K hasta llegar al equilibrio.
- CD)** Manteniéndolo en contacto térmico con esta última fuente, se lo comprime reversiblemente hasta volver al volumen inicial.
- DE)** Trabando el volumen en 10 litros, se pone el gas en contacto térmico con la fuente a 300°K , hasta llegar al equilibrio.
- a) Calcule el trabajo entregado por el gas en cada etapa del ciclo.
- b) Calcule el trabajo total entregado. ¿Varió la energía interna del gas respecto del valor inicial al completarse el ciclo? En base a su respuesta, indique el calor absorbido por el gas durante el ciclo.
- c) Calcule el calor total que entregó cada una de las fuentes. ¿Cuál perdió calor? ¿Cuál lo ganó?
- d) Calcule la eficiencia del ciclo, definida como $\varepsilon = \frac{W}{Q_1}$, donde Q_1 es el calor total absorbido de la fuente a 300°K .



Leyendo el enunciado debería ser cte, pero después tengo que ver POR QUÉ tiene que tener menor presión.

Preguntar

a)

	P	V	T
A	$\frac{n \cdot R \cdot T_A}{V_A}$	10 L	300 K
B	$\frac{n \cdot R \cdot T_B}{V_B}$	20 L	300 K
C	$\frac{n \cdot R \cdot T_C}{V_C}$	20 L	200 K
D		10 L	200 K

A → B

B → C

C → D

D → A

ΔU	W	Q

A → B : $p_{\text{ext}} = cte$
 $T_A = T_B = 300 \text{ K}$

Sabía que

$$\Delta U = n \cdot C_v \cdot \underbrace{\Delta T}_{=0} = 0$$

$$\Rightarrow \Delta U = Q - W = 0$$

$$\Rightarrow W = Q$$

	ΔU	W	Q
A → B	0		
B → C			
C → D			
D → A			

$$\begin{aligned}
 W_{AB} &= \int_{V_A}^{V_B} p_{\text{ext}} \cdot dV \\
 &\stackrel{p_{\text{ext}} = cte}{\downarrow} = p_{\text{ext}} \cdot (V_B - V_A) \\
 &= p_{\text{ext}} \cdot (20 \text{ L} - 10 \text{ L})
 \end{aligned}$$

$$p_{\text{ext}} = \frac{n \cdot R \cdot T_B}{V_B} = 1,23 \text{ atm}$$

$$W_{AB} = 12,3 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

	ΔU	W atm · L	Q atm · L
A → B	0	12,3	12,3
B → C			
C → D			
D → A			

$$\underline{B \rightarrow C} : \quad T_B = 300 \text{ K} \\ T_C = 200 \text{ K}$$

$$V_B = V_C = 20 \text{ L}$$

$$\Delta U = n \cdot C_v \cdot \Delta T$$

$$= n \cdot \frac{3}{2} \cdot R \cdot (-100 \text{ K})$$

$$= -n \cdot R \cdot \frac{T_A}{2}$$

$$= -P_A \cdot V_A$$

$$= -1,23 \text{ atm} \cdot 10 \text{ L}$$

	ΔU	W atm · L	Q atm · L
A → B	0	12,3	12,3
B → C	-12,3	0	-12,3
C → D			
D → A			

$$W_{BC} = \int_{V_B}^{V_C} p_{\text{ext}} dV = 0$$

$$\underline{C \rightarrow D} : \quad V_C = 20 \text{ L} \\ V_D = V_A = 10 \text{ L}$$

$$T_C = T_D = 200 \text{ K}$$

$$\Delta U = n \cdot C_v \cdot \underbrace{\Delta T}_{=0} = 0$$

$$\Rightarrow Q = W$$

$$W_{CD} = \int_{V_C}^{V_D} p_{\text{ext}} dV \\ \stackrel{\text{Rev.}}{=} \int_{V_C}^{V_D} p \cdot dV$$

	ΔU	W atm · L	Q atm · L
A → B	0	12,3	12,3
B → C	-12,3	0	-12,3
C → D	0	12,3	12,3
D → A			

$$= n \cdot R \cdot T_D \cdot \int_{V_c}^{V_D} \frac{1}{V} dV$$

$$W_{CD} = n \cdot R \cdot T_D \cdot \ln \left(\frac{V_D}{V_c} \right)$$

$$= -11,37 \text{ atm} \cdot L$$

	ΔU	W atm · L	Q atm · L
A → B	0	12,3	12,3
B → C	-12,3	0	-12,3
C → D	0	-11,37	-11,37
D → A			

D → A : $V_D = V_A$ $T_D = 200 \text{ K}$
 $T_A = 300 \text{ K}$

$$\Delta U = n \cdot C_v \cdot \Delta T$$

$$= n \cdot \frac{3}{2} \cdot R \cdot 100 \text{ K}$$

← igual que enter pero positivo.

$$= 12,3 \text{ atm} \cdot L$$

$$\Rightarrow W = Q$$

$$W = \int_{V_D}^{V_A} p_{\text{ext}} dV \stackrel{V_A=V_D}{=} 0$$

Recordar!

c) Absorbió Q : $Q > 0$: A → B } L_2 fuente
(Ganó) D → A } me da calor

Perdió Q : $Q < 0$: B → C
C → D

	ΔU	W atm · L	Q atm · L
A → B	0	12,3	12,3
B → C	-12,3	0	-12,3
C → D	0	-11,37	-11,37
D → A	12,3	0	12,3

0,93 0,93

↑
Trabajo total
entregado

d) Eficiencia :

$$\varepsilon = \frac{W_{\text{Tot}}}{Q_{\text{Absorbido}}}$$

$$= \frac{0,93}{24,6} = 0,038$$

$$= 3,8 \%$$

Muy Chiquito!

De todo el calor que me dio la fuente de 300 K,
solo pude convertir en trabajo el 3.8%!
Es muy poco eficiente!

Remember

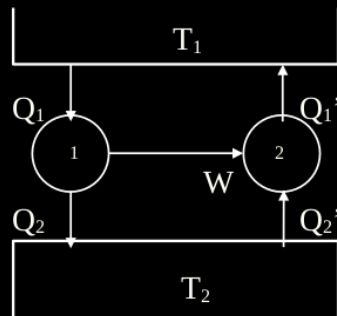
2. Se tiene una máquina térmica reversible que opera según el ciclo de Carnot entre dos fuentes de calor a temperaturas T_1 y T_2 , siendo $T_1 > T_2$. Si dicha máquina toma 500kcal de la fuente a temperatura T_1 y entrega un trabajo equivalente a 300kcal, ¿qué cantidad de calor se entrega a la fuente fría y cuánto vale la eficiencia (rendimiento) de dicha máquina?

3. Si una máquina de Carnot opera entre dos fuentes, entregando un trabajo equivalente a 500kcal y devolviendo a la fuente fría 300 kcal, ¿cuál es la relación entre las temperaturas absolutas de dichas fuentes?

4. Supóngase una máquina de Carnot operando entre dos fuentes.
- a) Si se quiere obtener un trabajo con una eficiencia del 6% y se cuenta con una fuente fría cuya temperatura es de 300°K , ¿a qué temperatura deberá estar la fuente caliente?
 - b) Si con la misma máquina y las mismas fuentes, se quiere obtener un trabajo equivalente de 100kcal , ¿cuánto vale el calor extraído de la fuente caliente, y cuánto vale el calor entregado a la fuente fría?

5. Supóngase tener una máquina de Carnot operando como refrigerador, entre las temperaturas de 277°K y 300°K .
- a) ¿Cuánto vale su eficiencia?
- b) Si se desean extraer 200 calorías de la fuente fría, ¿qué cantidad de trabajo habrá que entregarle y qué cantidad de calor se entrega a la fuente caliente?

6. Dos máquinas operan tal como lo indica el gráfico. Se sabe que la temperatura de la fuente caliente es de 600°K , que la máquina 1 es reversible y absorbe 300kcal cediendo 100kcal , y la máquina 2 absorbe 50kcal de la fuente 2.
- a) Calcule la temperatura de la fuente fría.
- b) ¿Cuál es la eficiencia de ambas máquinas?
- c) ¿Es la máquina 2 reversible? ¿Por qué?



7. Supóngase tener un sistema que evoluciona reversiblemente, entregando 500cal a 500°K y recibiendo 300cal a 300°K. ¿Cuánto vale su variación de entropía?
8. Si un sistema evoluciona isotérmicamente a 27°C y la entropía varía en $4 \text{ kcal}/^\circ\text{K}$, ¿cuánto calor recibió?
9.
 - a) ¿Cuánto vale la variación de entropía en un sistema que evoluciona en forma adiabática y reversible? ¿Por qué?
 - b) ¿Cómo es la variación de entropía en un proceso que es adiabático e irreversible, siendo diferentes los estados inicial y final? Demuestre por qué.

- 10.** Dado un gas ideal en condiciones p_1 , V_1 , T_1 que sufre una transformación cualquiera quedando en condiciones p_2 , V_2 , T_2 , calcular la variación de entropía usando como variables:
- a) p y T .
 - b) p y V .
 - c) V y T .

11. Supóngase tener 1kg. de hielo a -20°C al que se le entrega calor hasta llevarlo a agua líquida a 20°C . Si la capacidad calorífica específica del hielo en esas condiciones es $0,5 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ y la del agua es $1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ y el calor latente de fusión del hielo es 80 cal/g , calcule la variación de entropía del proceso.

12. Un cilindro térmicamente aislado cerrado por ambos extremos está provisto de un pistón sin rozamiento, conductor de calor y que divide al cilindro en dos partes. Inicialmente se sujeta al pistón en el centro, quedando a un lado 1 litro de gas ideal a 300°K y 2 atm. de presión, y al otro lado 1 litro de gas ideal a 300°K y 1 atm. de presión. Se libera el pistón, alcanzando el equilibrio de presión y temperatura en una nueva posición. Halle la presión y temperatura finales y la variación de entropía.

