

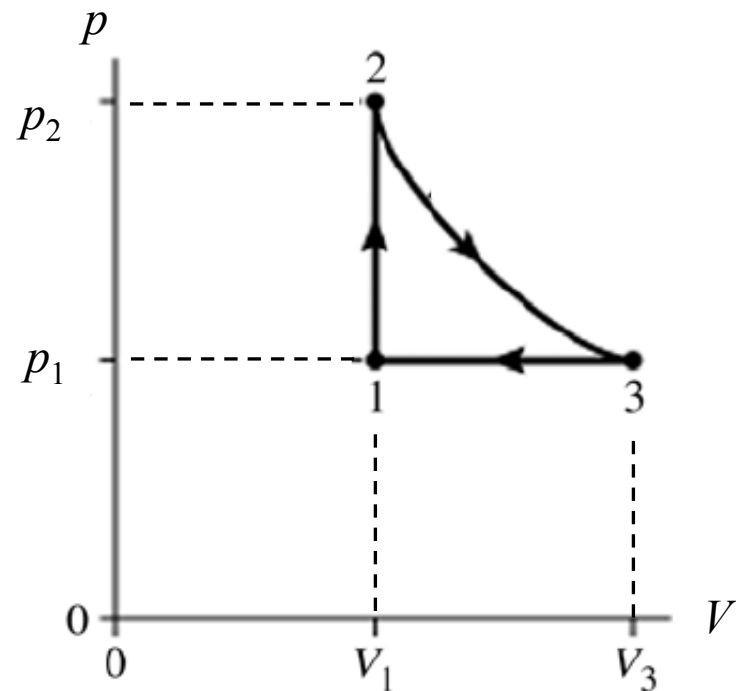
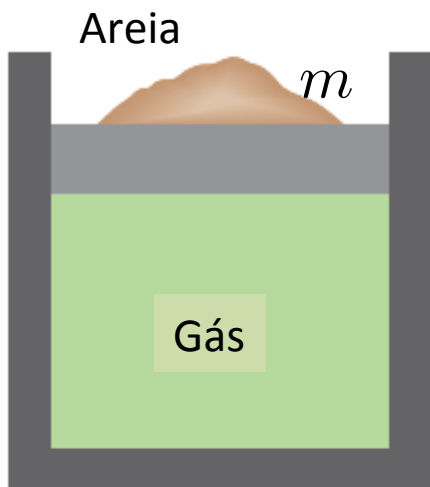


4300159 – Física do Calor

**Trabalho em  
Processos Quase-Estáticos**

Um *processo termodinâmico* consiste em uma transformação que leve o sistema de um estado de equilíbrio inicial a um estado de equilíbrio final.

Um processo *quase estático* é uma idealização, na qual a transformação se dá por uma sucessão de estados de quase equilíbrio. Nessas condições, o estado  $(p, V, T)$  do sistema estará *bem definido* durante o processo. É legítimo representar um estado de equilíbrio por um ponto no diagrama  $p$ - $V$ , e igualmente legítimo representar um processo quase-estático por uma linha (sucessão de estados de equilíbrio).



# Processos Quase-Estáticos

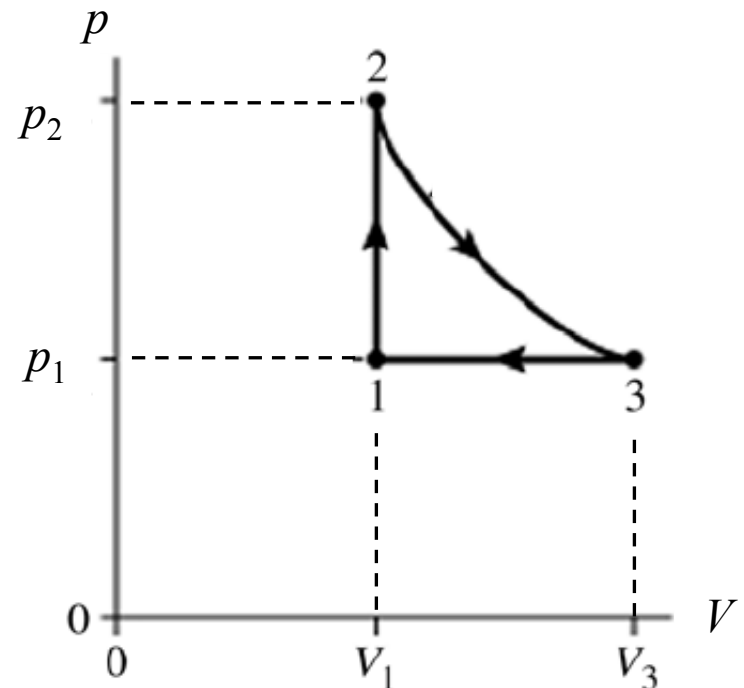
- Trabalho realizado sobre o gás em um processo quase-estático:

$$dW_{\text{sobre}} = -PdV$$

- Trabalho realizado pelo gás em um processo quase-estático:

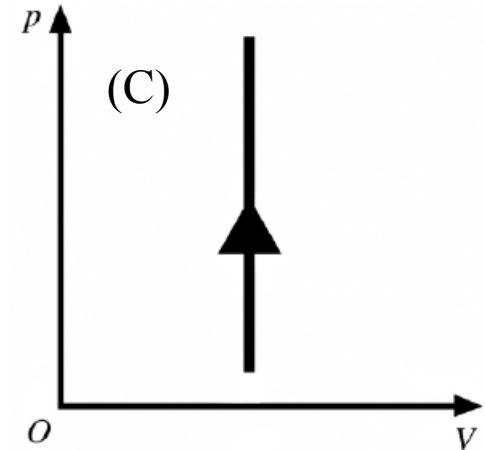
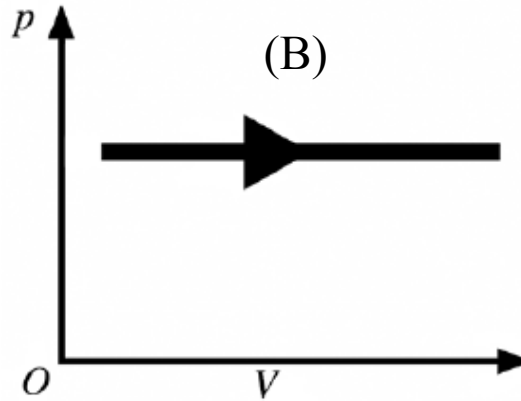
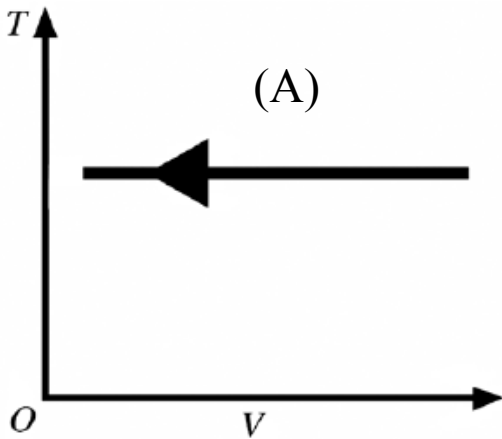
$$dW_{\text{pelo}} = +PdV$$

- Uma vez que as variáveis de estado ( $P$ ,  $V$ ,  $T$ ) têm valores bem definidos em processos quase-estáticos, estes podem ser representados em diagramas  $P$ - $V$ ,  $P$ - $T$  ou  $T$ - $V$ .



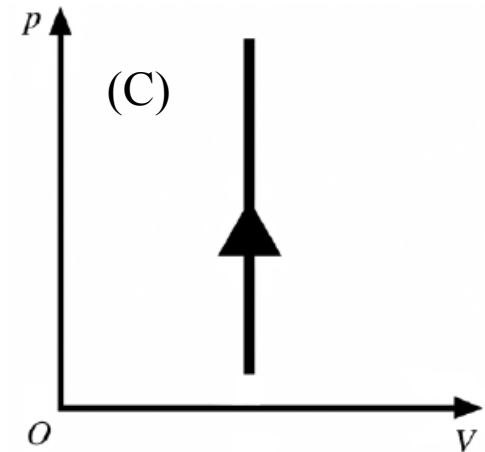
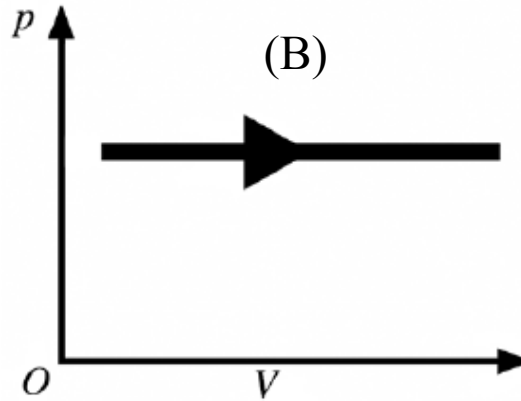
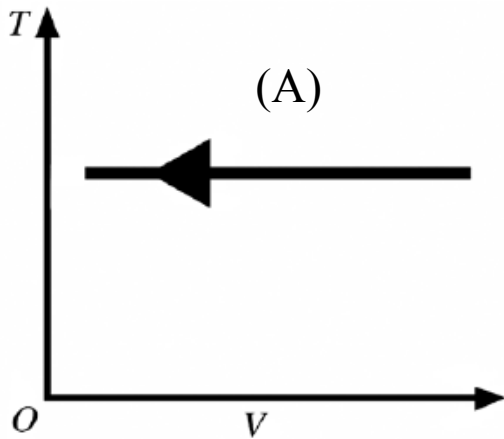
**Questão)** Os diagramas (A), (B) e (C) representam processos termodinâmicos:

- (i) Isocórico (A), isotérmico (B), e isobárico(C).
- (ii) Isotérmico (A), isobárico (B), e isocórico (C).
- (iii) Isobárico (A), isotérmico (B), e isocórico (C).



**Questão:** Os diagramas (A), (B) e (C) representam processos termodinâmicos:

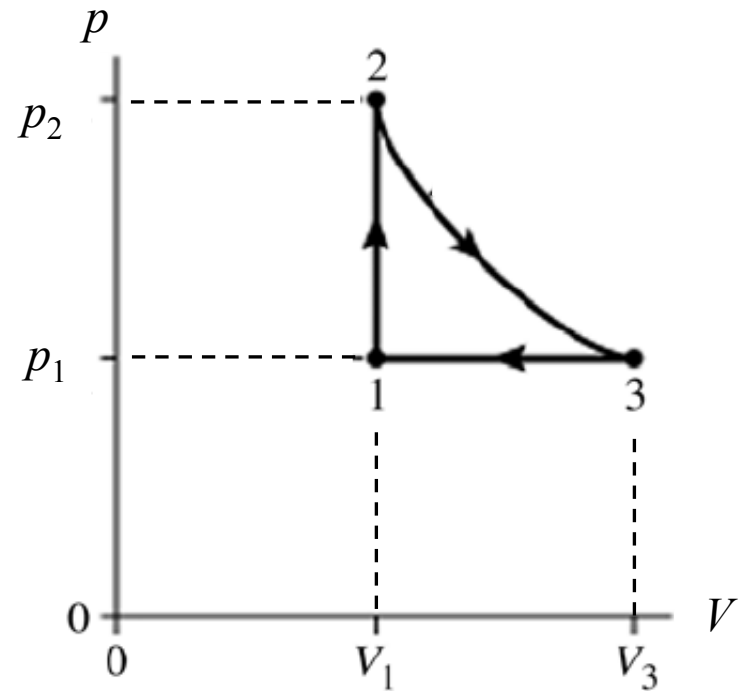
- (i) Isocórico (A), isotérmico (B), e isobárico (C).
- (ii) Isotérmico (A), isobárico (B), e isocórico (C).
- (iii) Isobárico (A), isotérmico (B), e isocórico (C).



3) Considere os três processos quase-estáticos indicados no diagrama  $p$ - $V$ :  
 $(p_1, V_1, T_1) \rightarrow (p_2, V_2, T_2)$ ,  $(p_2, V_2, T_2) \rightarrow (p_3, V_3, T_3)$  e  $(p_3, V_3, T_3) \rightarrow (p_1, V_1, T_1)$

O trabalho realizado pelo gás em cada um dos processos indicados acima é dado por  $W_{12}$ ,  $W_{23}$  e  $W_{31}$ , respectivamente. Qual das alternativas abaixo é correta?

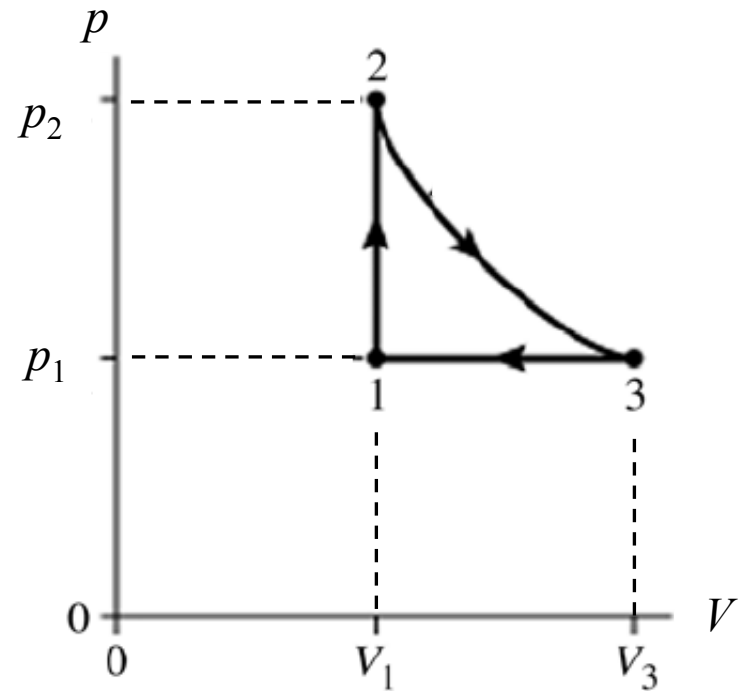
- (a)  $W_{12} > 0$ ,  $W_{23} < 0$ , e  $W_{31} = 0$ .
- (b)  $W_{12} = 0$ ,  $W_{23} > 0$ , e  $W_{31} < 0$ .
- (c)  $W_{12} < 0$ ,  $W_{23} = 0$ , e  $W_{31} > 0$ .



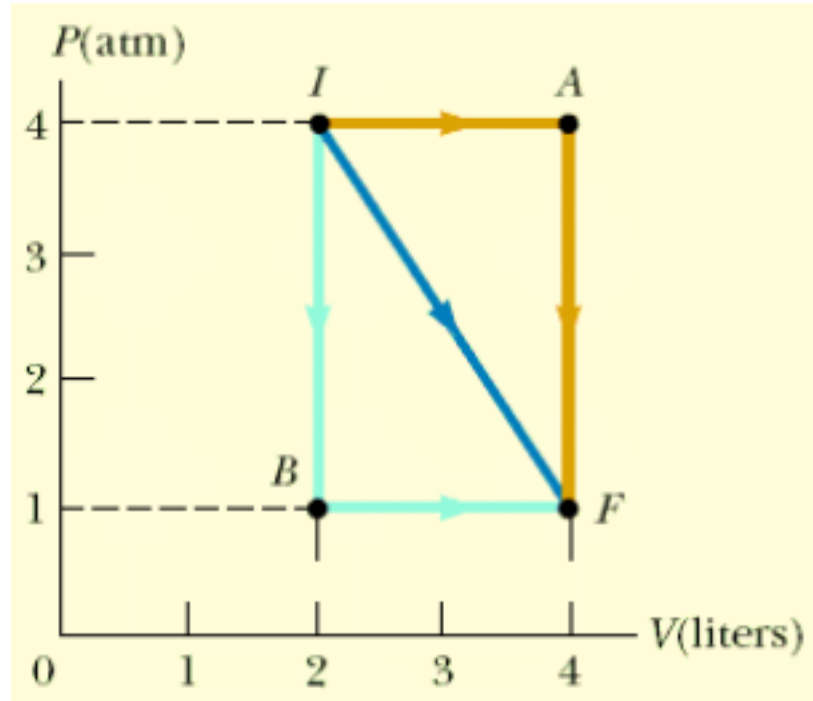
3) Considere os três processos quase-estáticos indicados no diagrama  $p$ - $V$ :  
 $(p_1, V_1, T_1) \rightarrow (p_2, V_2, T_2)$ ,  $(p_2, V_2, T_2) \rightarrow (p_3, V_3, T_3)$  e  $(p_3, V_3, T_3) \rightarrow (p_1, V_1, T_1)$

O trabalho realizado pelo gás em cada um dos processos indicados acima é dado por  $W_{12}$ ,  $W_{23}$  e  $W_{31}$ , respectivamente. Qual das alternativas abaixo é correta?

- (a)  $W_{12} > 0$ ,  $W_{23} < 0$ , e  $W_{31} = 0$ .
- (b)  $W_{12} = 0$ ,  $W_{23} > 0$ , e  $W_{31} < 0$ .
- (c)  $W_{12} < 0$ ,  $W_{23} = 0$ , e  $W_{31} > 0$ .



**Problema:** Calcule o trabalho realizado pelo gás nos processos IAF, IBF e IF:





Processo IAF:  $W_{IAF} = W_{IA} + W_{AF} = W_{IA} = P_I(V_A - V_I)$

$$W_{IAF} = 4(4 - 2) = 8 \text{ atm} \cdot \text{litro} = 810 \text{ J}$$

Processo IBF:  $W_{IBF} = W_{IB} + W_{BF} = W_{BF} = P_B(V_F - V_B)$

$$W_{IBF} = 1(4 - 2) = 2 \text{ atm} \cdot \text{litro} = 203 \text{ J}$$

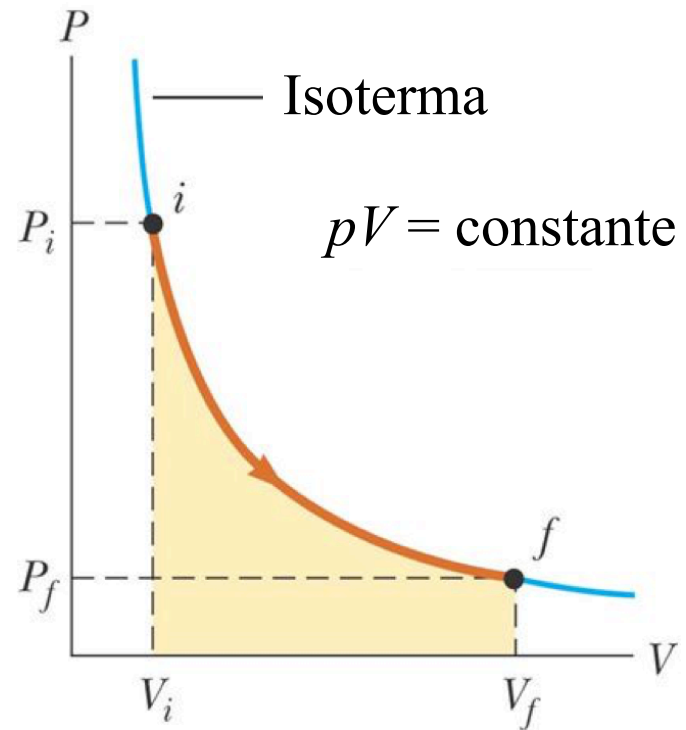
Processo IF:  $P = 7 - \frac{3}{2}V$

$$W_{IF} = \int_{V_I}^{V_F} P dV = \int_2^4 \left(7 - \frac{3}{2}V\right) dV$$

$$W_{IF} = 5 \text{ atm} \cdot \text{litro} = 506 \text{ J}$$

# Trabalho em um Processo Isotérmico

**Problema:** O diagrama  $p$ - $V$  ao lado representa a expansão isotérmica de um gás ideal ( $T_i = T_f$ ). Calcule o trabalho realizado pelo gás nesse processo.



# Trabalho em um Processo Isotérmico

– Equação de Estado:

$$pV = Nk_B T \Rightarrow p = Nk_B T \frac{1}{V}$$

– Trabalho (pelo gás):

$$dW = pdV = Nk_B T \frac{dV}{V}$$

$$W_{if} = Nk_B T \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V}$$

$$W_{if} = Nk_B T \ln \left( \frac{V_f}{V_i} \right)$$

