Física do calor

F.S. Navarra

navarra@if.usp.br

edisciplinas.if.usp.br

monitor: Matheus Lazarotto

edifício central Ala I sala 228

matheus_jean_l@hotmail.com

monitoria: sala 211 edifício central

terça feira: 12:00 - 13:00

quarta feira: 18:00 - 19:00

1ª Lista de exercícios

Capítulo 7: 4 5 6 7 8 9

Capítulo 8: 8 9 10 14 15 17 18 19

Revisão

Dilatação

$$\begin{cases} L = L_0\,[1 + \alpha\,(T - T_0)] \\ A = A_0\,[1 + 2\,\alpha\,(T - T_0)] \\ V = V_0\,[1 + 3\,\alpha\,(T - T_0)] \end{cases}$$

Calor

$$\left\{ \Delta Q = m\,c\,\Delta T \right.$$

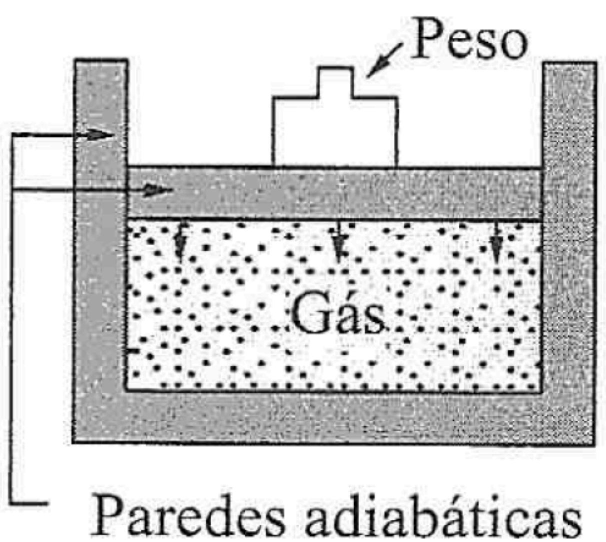
Condução de calor

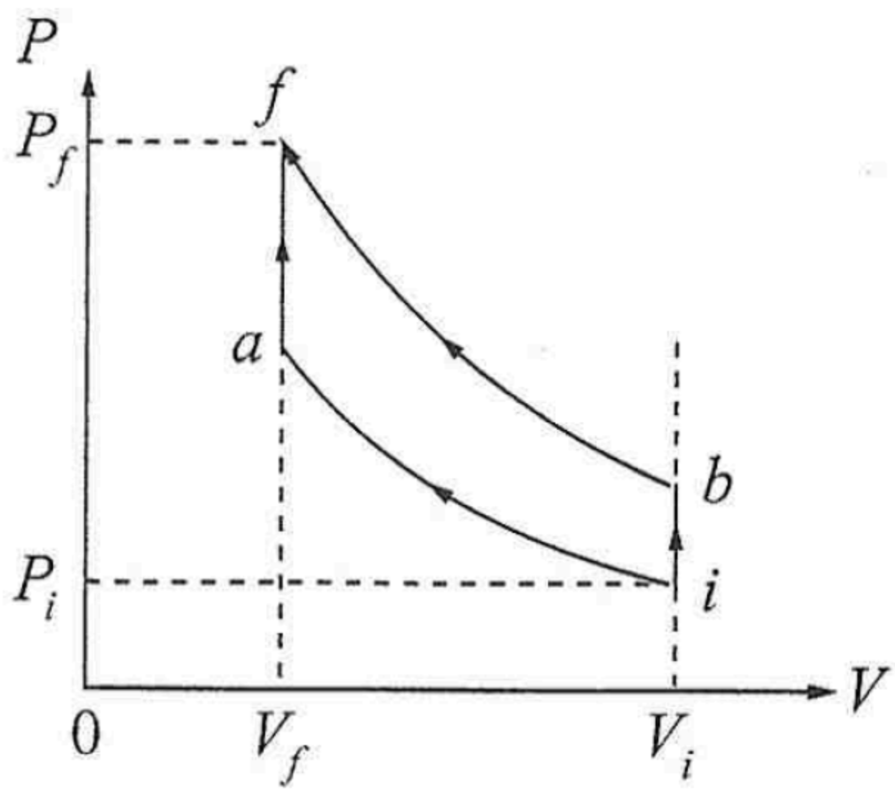
$$\begin{cases} \dfrac{dQ}{dt} = -\,k\,A\,\dfrac{dT}{dx} \\ \dfrac{dT}{dx} = -\,\dfrac{T_2 - T_1}{L} \end{cases}$$

$$\frac{dQ}{dt} = k\,A\,\frac{T_2 - T_1}{L}$$

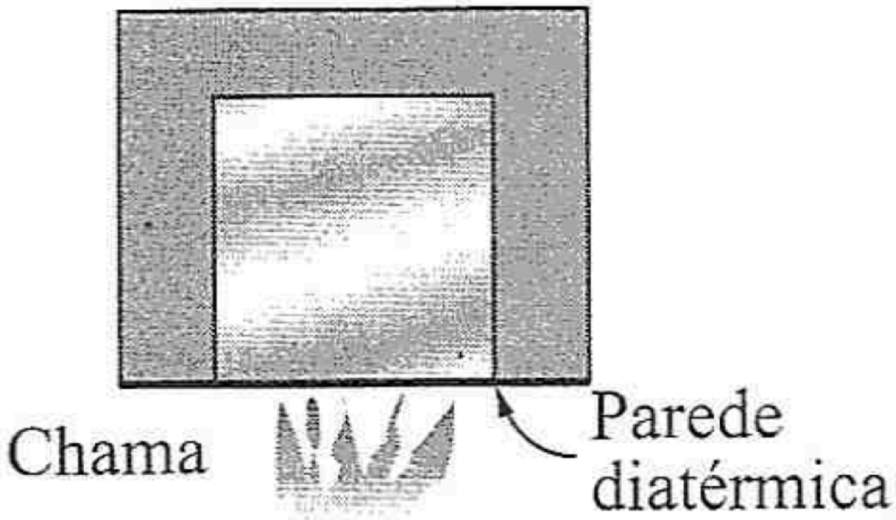
Processo adiabático : não há troca de calor

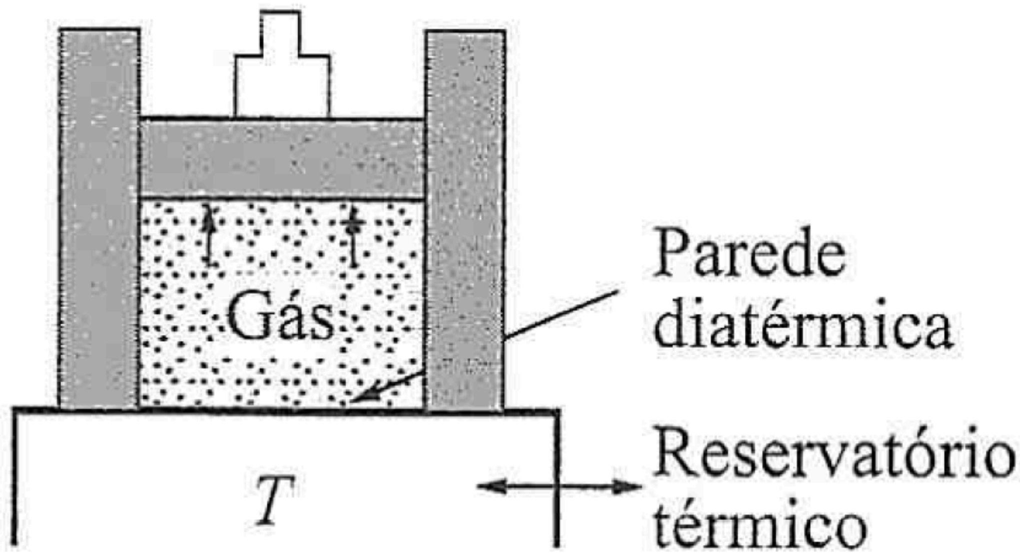
Diagrama pressão X volume





Processos não-adiabáticos: troca de calor

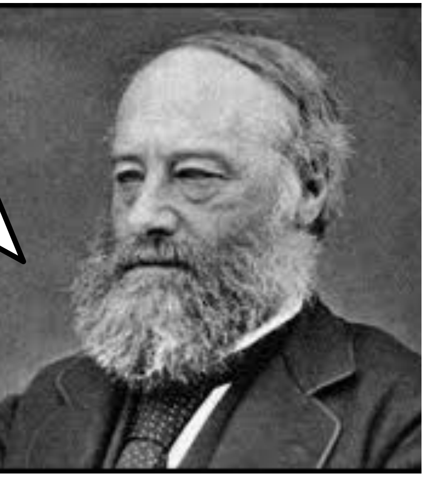




1ª Lei da Termodinâmica:

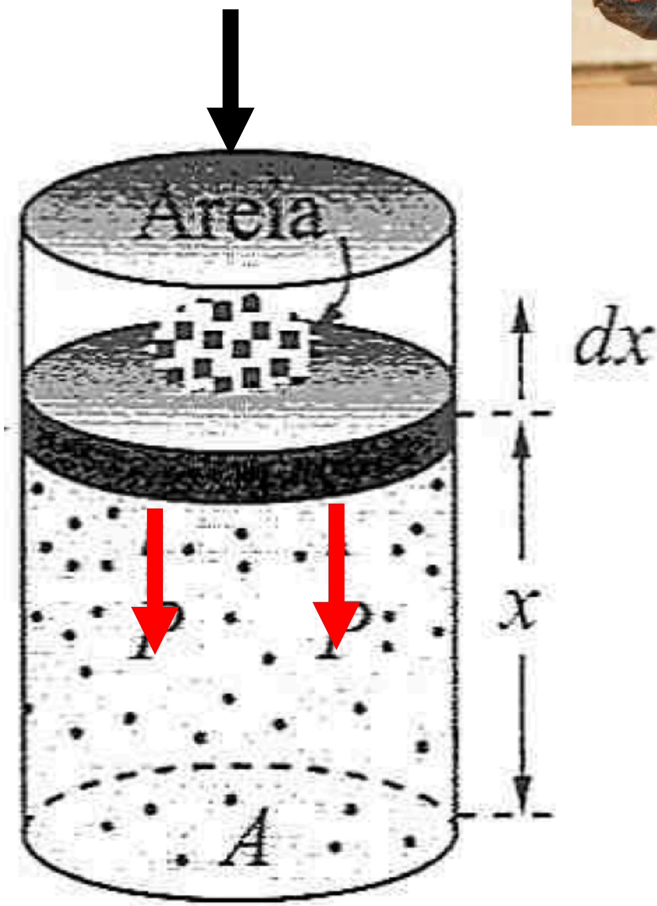
$$\boxed{Q = \Delta U + W_{i \to f}}$$

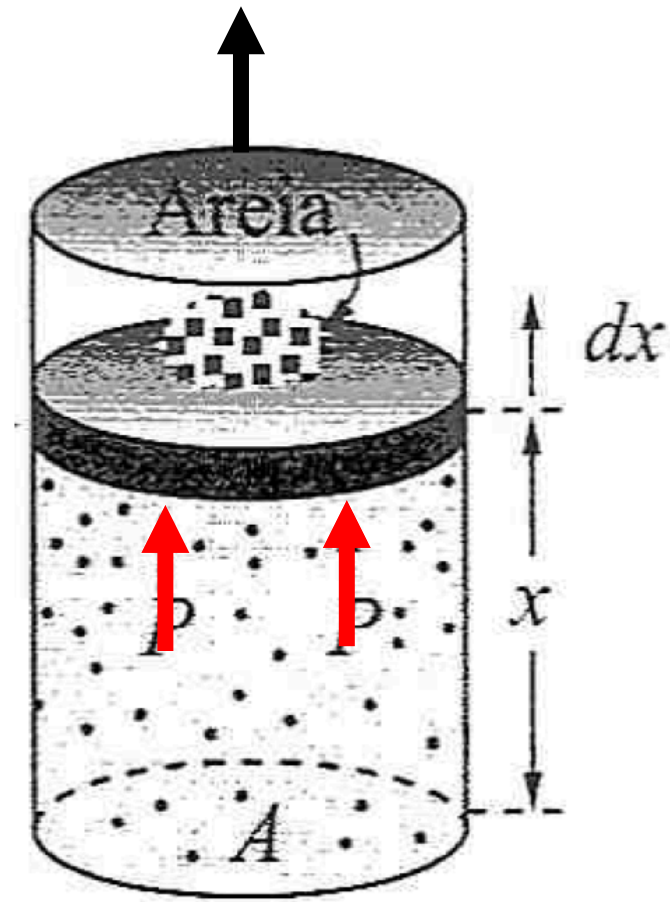
Conservação da energia !!!



Processos reversíveis

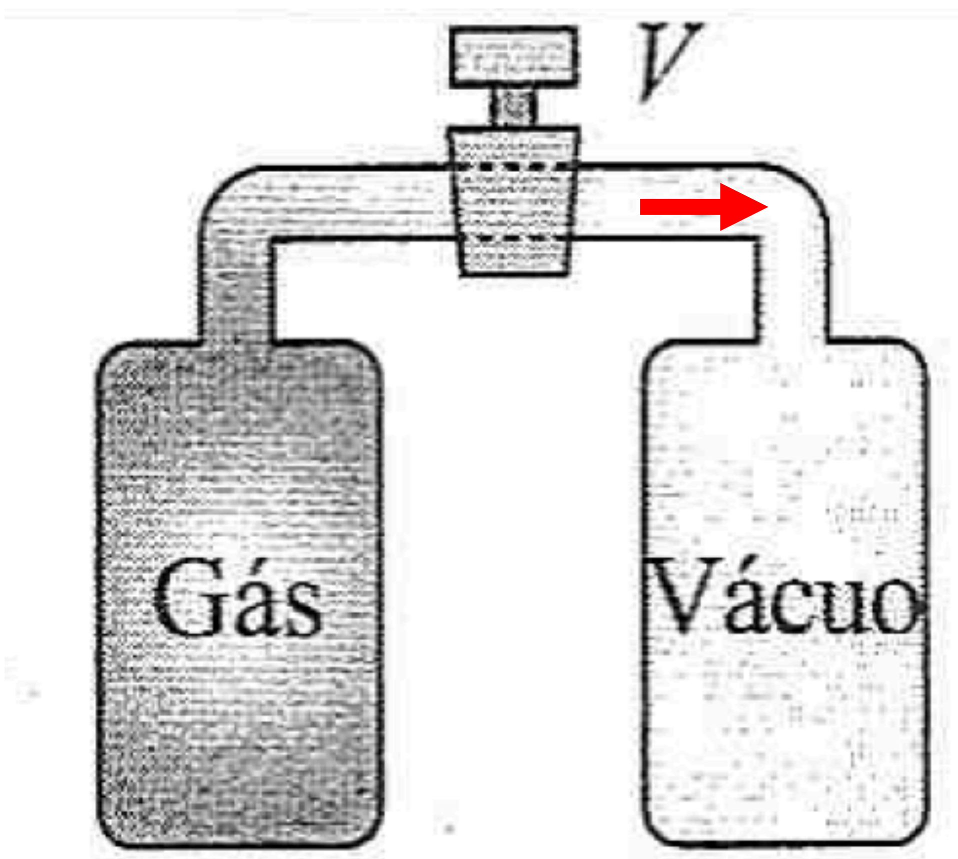
O gás tem tempo de atingir o equilíbrio a cada mudança





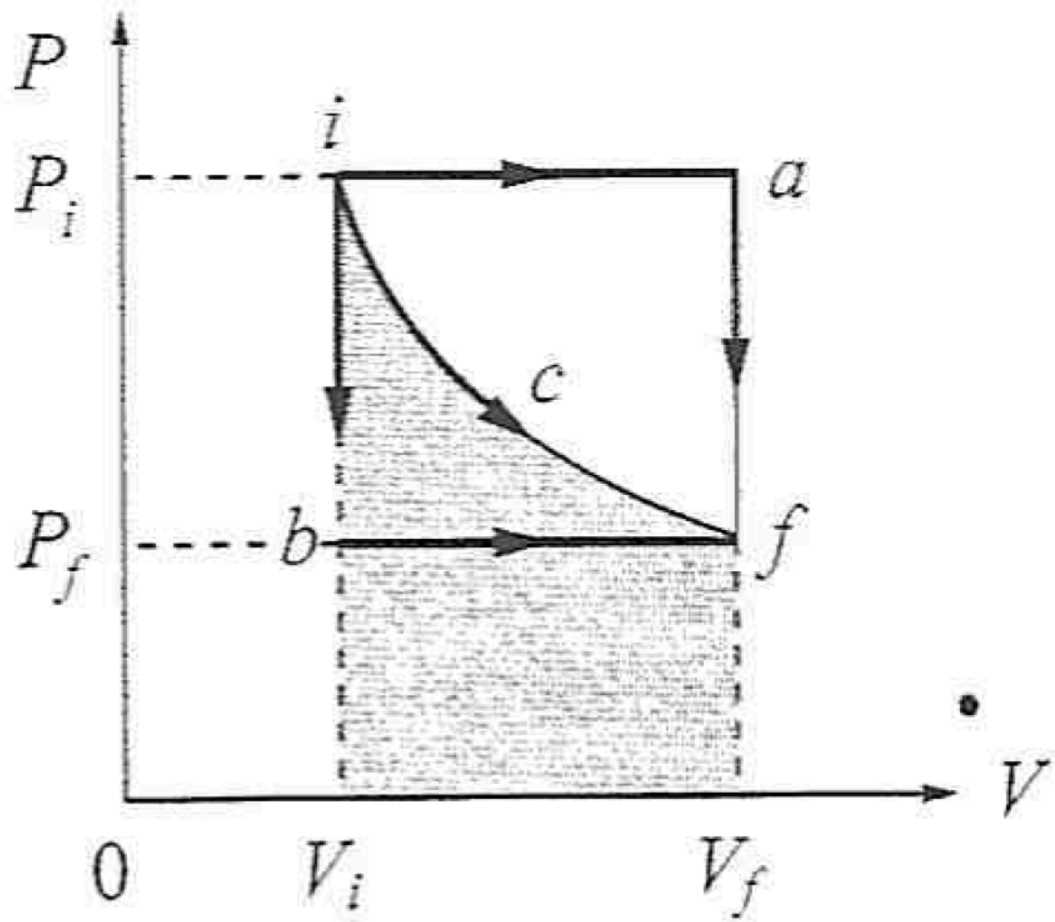
Processos irreversíveis

O gás sai do equilíbrio durante da mudança



Trabalho no processo reversível

$$W_{i\to f} = \int_{V_i}^{V_f} p\, dV$$



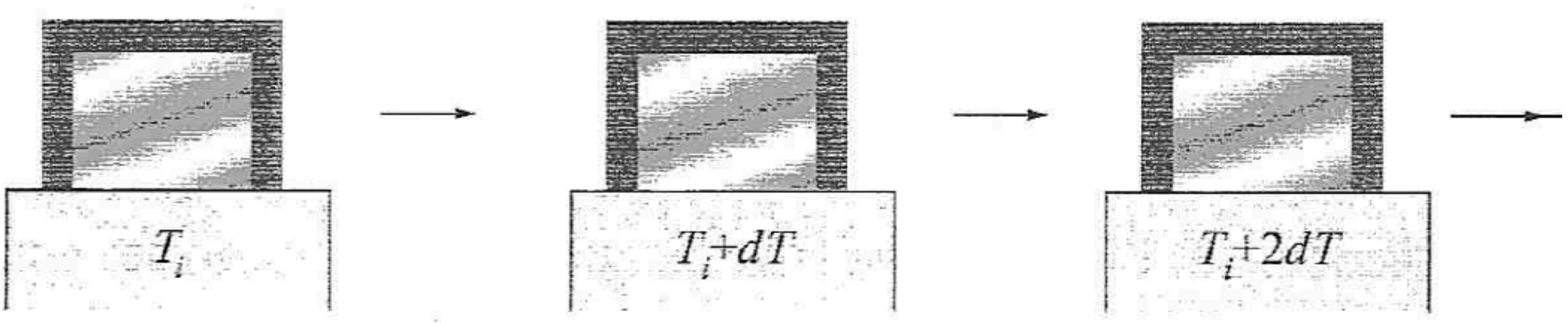
Trabalho depende do caminho !

Não é uma variável do estado !

W = área debaixo da curva da função

Calor no processo reversível

Processos **muito lentos**: aumento gradual da temperatura



$$dQ = C\,dT \quad \longrightarrow \quad Q = \int_{T_i}^{T_f} C\,dT$$

1ª Lei no processo reversível

$$dQ = dU + dW$$

$$dQ = C\,dT$$

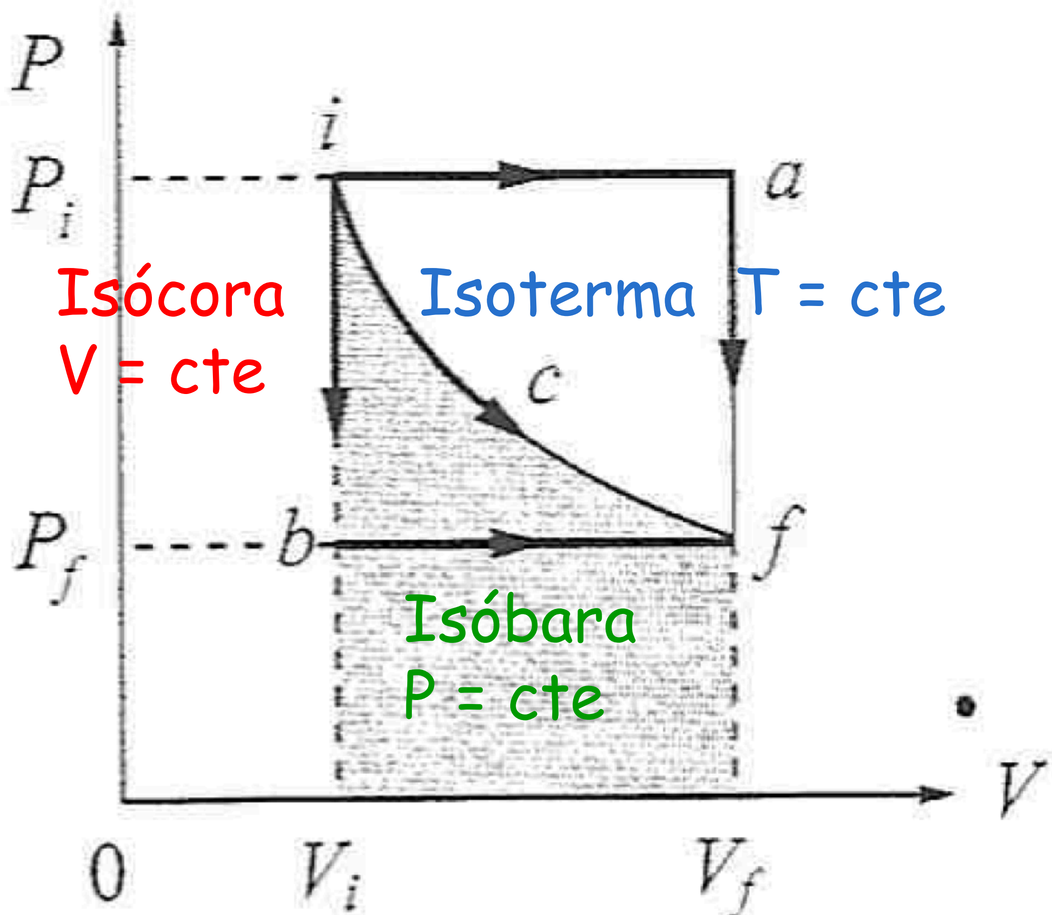
$$dW = p\,dV$$

$$Q = \int_{T_i}^{T_f} C\,dT$$

$$W_{i\to f} = \int_{V_i}^{V_f} p\,dV$$

$$\boxed{C\,dT = dU + p\,dV}$$

Transformações reversíveis

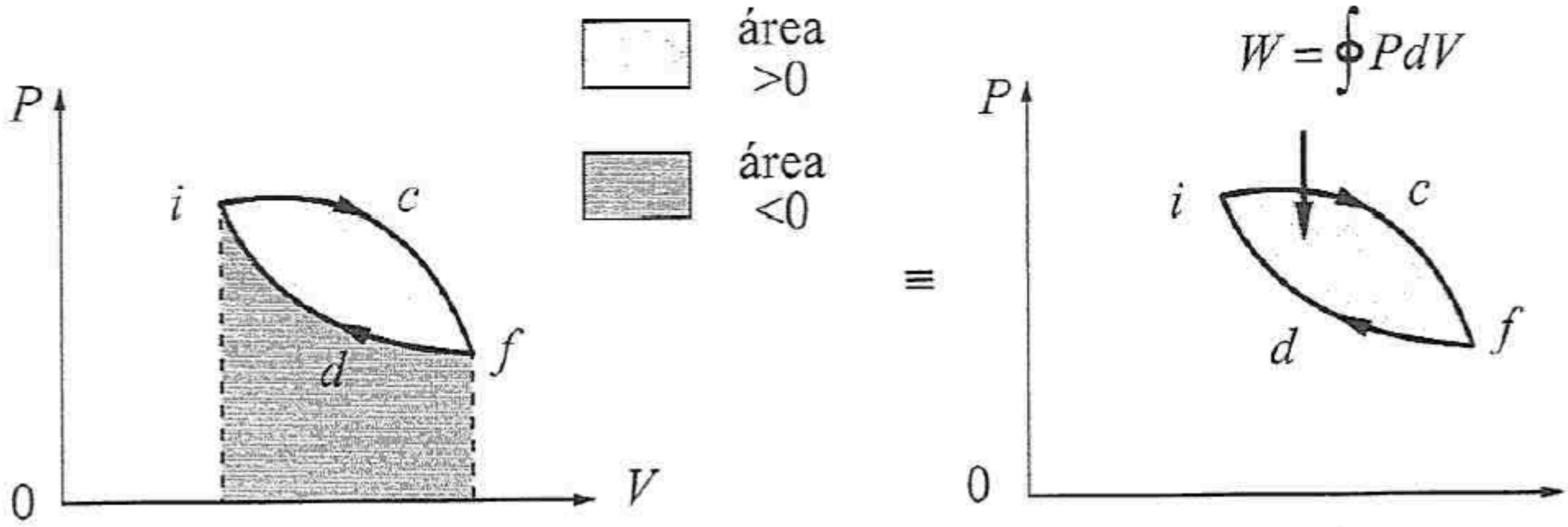


i - c - f :
Transf. Isotérmica

i - b , a - f
Transf. Isocórica

i - a , b - f :
Transf. Isobárica

Ciclo : sistema volta ao estado inicial

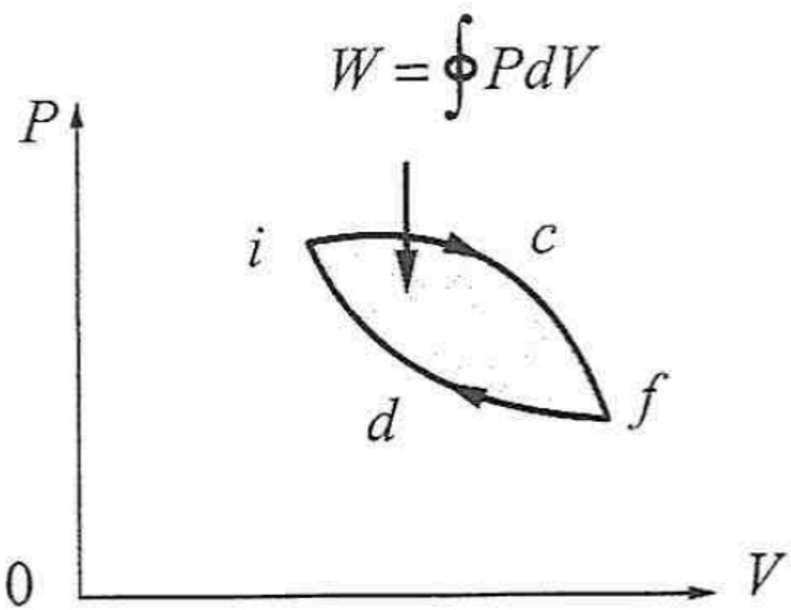


$$W_{f\to i} = \int_{V_f}^{V_i} p\,dV = -\int_{V_i}^{V_f} p\,dV$$

$$W_{f\to i} = -W_{i\to f}$$

Transformações importantes

a) Ciclo



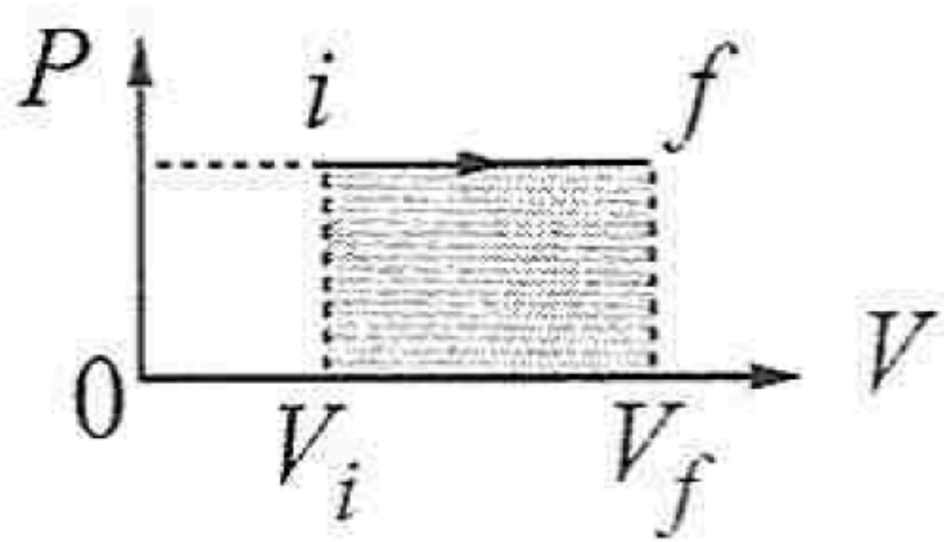
$$i = f$$

$$U_i = U_f$$

$$\Delta U = U_f - U_i = 0$$

$$\boxed{W = Q}$$

b) Processo isobárico (pressão constante)

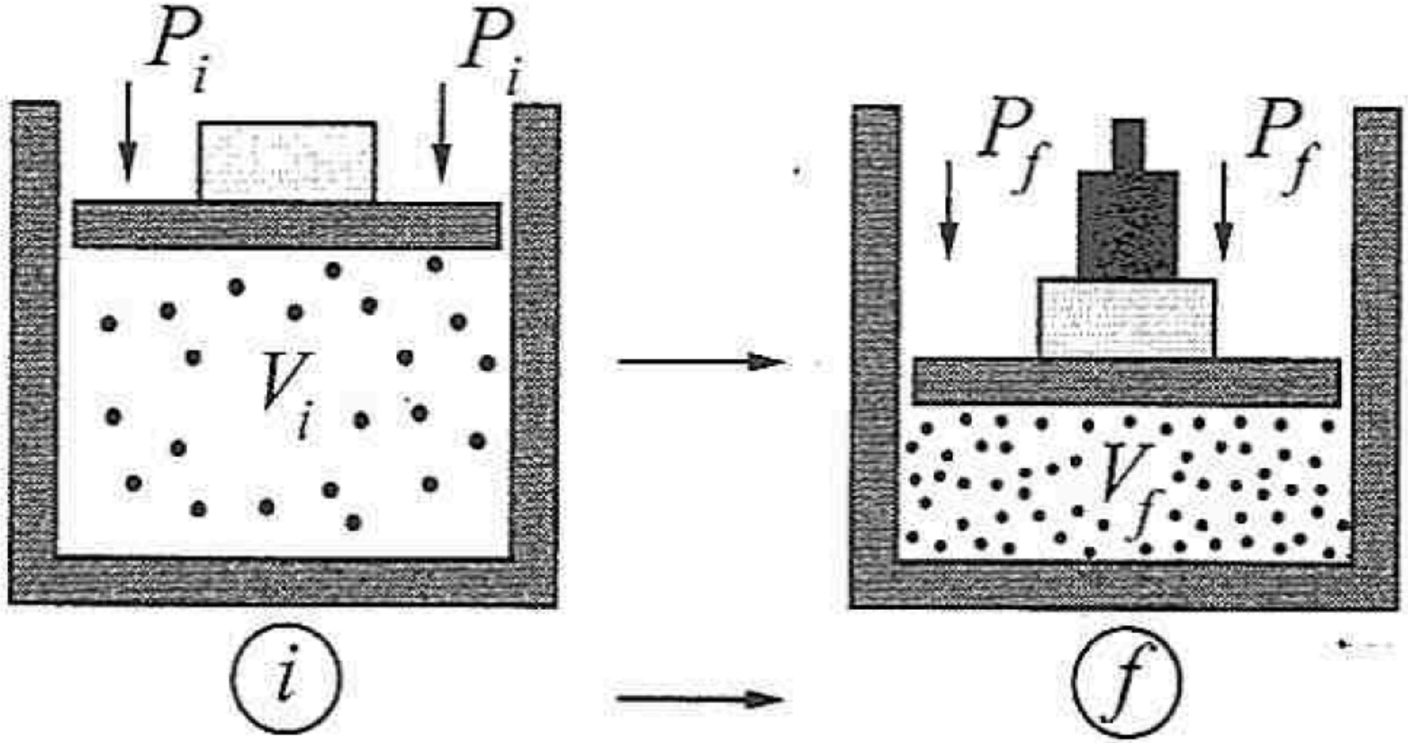


$$W_{i\to f} = \int_{V_i}^{V_f} p\,dV = p\,(V_f - V_i)$$

$$Q = U_f - U_i + p\,(V_f - V_i)$$

c) Processo adiabático (Q = 0)

$$U_f - U_i = -W_{i \to f}$$



Exercícios

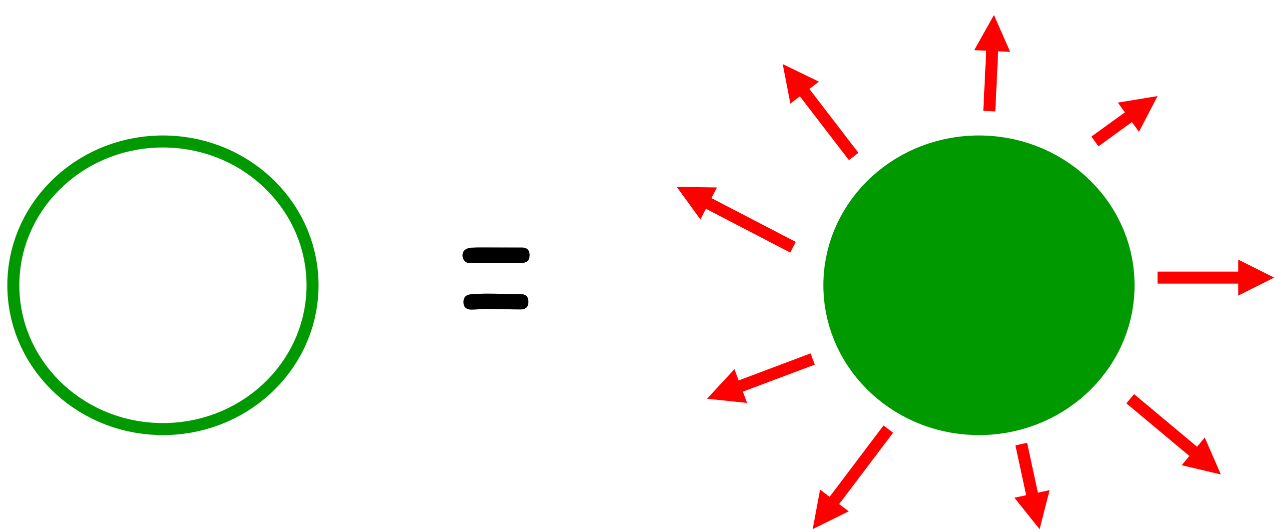

H. Moysés
Nussenzveig
Fluidos
2 Oscilações e Ondas
Calor
CURSO DE
FÍSICA
BÁSICA

Problemas do capítulo 7

1 – Uma esfera oca de alumínio tem um raio interno de 10 cm e raio externo de 12 cm a 15°C. O coeficiente de dilatação linear do alumínio é $2{,}3 \times 10^{-5}/°C$. De quantos cm³ varia o volume da cavidade interna quando a temperatura sobe para 40°C? O volume da cavidade aumenta ou diminui?

$$\Delta V = V_0 . 3\alpha . \Delta T = [(4/3).\pi.r^3].3.(2{,}3\ .10^{-5}).(40 - 15) = 2{,}3.\pi.r^3\ ,\ \text{com } r = 10\text{ cm}$$

$$\boxed{\Delta V = 7{,}225 = 7{,}3\text{ cm}^3}$$



2 – Uma barra retilínea é formada por uma parte de latão soldada em outra de aço. A 20°C, o comprimento total da barra é de 30 cm, dos quais 20 cm de latão e 10 cm de aço. Os coeficientes de dilatação linear são 1,9 x 10^{-5}/°C para o latão e 1,1 x 10^{-5}/°C para o aço. qual o coeficiente de dilatação linear da barra?

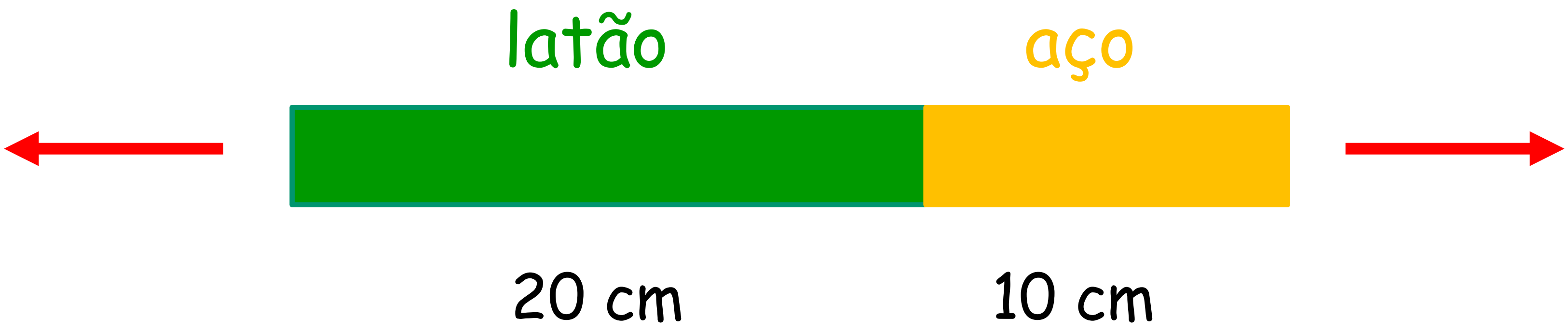
Para uma dada temperatura T: $\Delta T = T - T_0$

$$\left.\begin{aligned} \Delta L_L &= L_{0L}.\alpha_L.\Delta T = 20.1{,}9.10^{-5}.\Delta T \\ \Delta L_A &= L_{0A}.\alpha_A.\Delta T = 10.1{,}1.10^{-5}.\Delta T \end{aligned}\right\} \qquad \text{(I)}$$

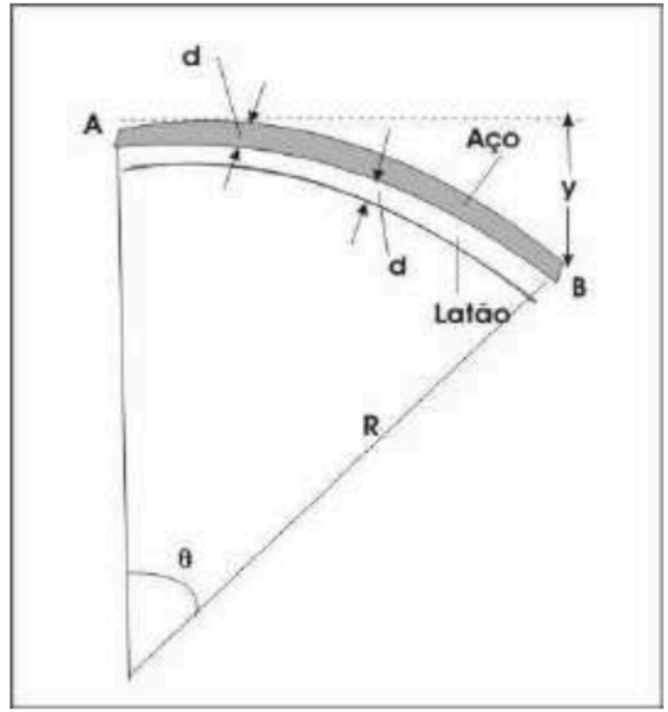
$$\Delta L = \Delta L_L + \Delta L_A = L_0.\alpha.\Delta T \qquad \text{(II)}$$

Somando (I) e substituindo em (II):

$$49.10^{-5}.\Delta T = 30.\alpha.\Delta T \qquad \Rightarrow \qquad \boxed{\alpha = 1{,}63 \text{ x } 10^{-5}/°C}$$



3 - Uma tira bimetálica, usada para controlar termostatos, é constituída de uma lâmina estreita de latão, de 2 mm de espessura, presa lado a lado com uma lâmina de aço, de mesma espessura d= 2 mm, por uma série de rebites. A 15°C, as duas lâminas têm o mesmo comprimento, igual a 15 cm, e a tira está reta. A extremidade A da tira é fixa; a extremidade B pode mover-se, controlando o termostato. A uma temperatura de 40°C, a tira se encurvou, adquirindo um raio de curvatura R, e a extremidade B se deslocou de uma distância vertical y. Calcule R e y, sabendo que o coeficiente de dilatação linear do latão é $1,9 \times 10^{-5}$/°C e o do aço é $1,1 \times 10^{-5}$/°C.



I) $\begin{cases} \Delta L = L_o \alpha_l \Delta T \Rightarrow L_l = L_o(1+\alpha_l \Delta T) = 15{,}007125\ cm \\ \Delta L = L_o \alpha_a \Delta T \Rightarrow L_a = L_o(1+\alpha_a \Delta T) = 15{,}004123\ cm \end{cases}$

$$\theta = \frac{L_l}{R} = \frac{L_a}{R-d} \Rightarrow L_l(R-d) = L_a R \Rightarrow R = \frac{dL_l}{L_l - L_a}$$

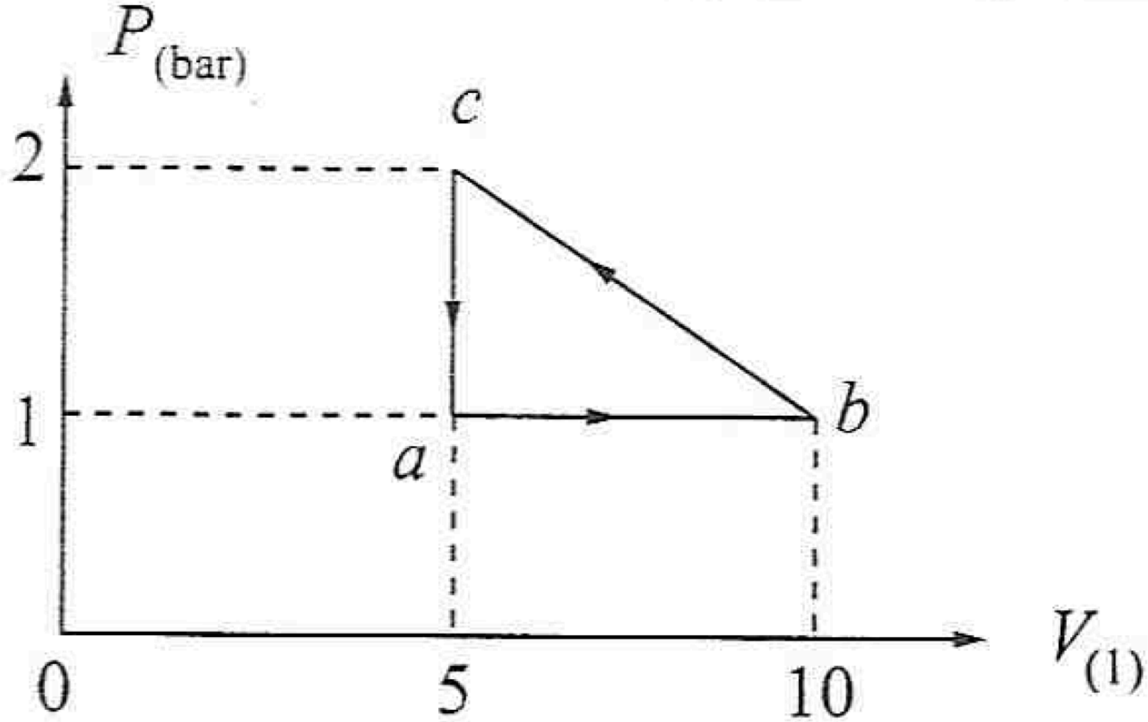
$$\therefore R = \frac{3{,}00285}{0{,}00300} \Rightarrow \boxed{R = 10m}$$

Problemas do capítulo 8

Capítulo 8
Exercício 19

SI:
1 Pascal = 1 N /m^2
1 bar = 10^5 Pascal

1 litro = 10^{-3} m^3



Complete a tabela

Etapa	W (J)	Q (J)	ΔU (J)
ab		800	
bc			
ca			−100
Ciclo ($abca$)			

I) ab:

W=Área ab:

$W_{ab}=5.10^{-3}.10^{5} \Rightarrow \boxed{W_{ab}=500J}$

Pela Primeira lei:

$$\Delta U = Q - W = 800 - 500 \therefore \boxed{\Delta U = 300J}$$

II) ca:

$\boxed{W=0}$

Pela Primeira lei:

$$\Delta U = Q - W \Rightarrow -100 = Q - 0 \therefore \boxed{Q_{ca} = -100J}$$

III) bc:

W= -Área bc:

$$W_{bc} = -(2+1).10^5.\frac{5.10^{-3}}{2} \therefore \boxed{W_{bc} = -750J}$$

$$\Delta U_{ciclo} = 0 = \sum \Delta U = 300 - \Delta U_{bc} - 100 = 0 \therefore \boxed{\Delta U_{bc} = -200J}$$

$$\Delta U = Q - W \Rightarrow -200 = Q + 750 \therefore \boxed{Q_{bc} = -950J}$$

IV) Ciclo:

$$W_{ciclo} = \sum W = 500 - 750 + 0 \therefore \boxed{W_{ciclo} = -250J}$$

$$Q_{ciclo} = \sum Q = 800 - 950 - 100 \therefore \boxed{Q_{ciclo} = -250J}$$

Capítulo 8 Exercício 18

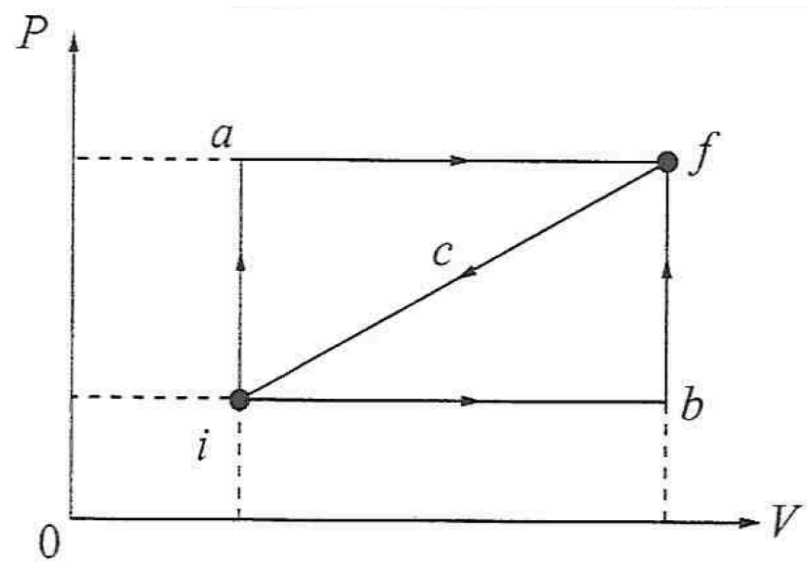
Um fluido homogêneo pode passar de um estado inicial *i* a um estado final *f* no plano (*P*, *V*) através de dois caminhos diferentes, representados por *iaf* e *ibf* no diagrama indicador (Fig. P.3). A diferença de energia interna entre os estados inicial e final é $U_f - U_i = 50$ J. O trabalho realizado pelo sistema na passagem de *i* para *b* é de 100 J. O trabalho realizado pelo sistema quando descreve o ciclo (*iafbi*) é de 200 J. A partir destes dados, determine, em magnitude e sinal: (a) a quantidade

a) A quantidade de calor $Q_{(ibf)}$, associada ao caminho *ibf* ;

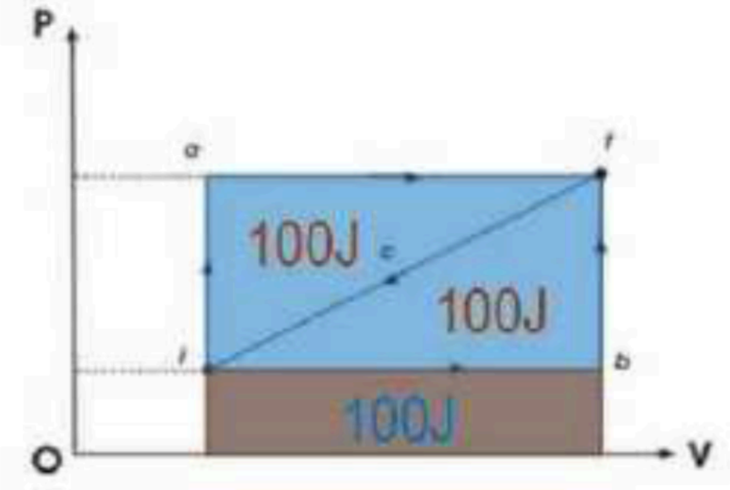
b) O trabalho $W_{i \to f}$;

c) A quantidade de calor $Q_{(iaf)}$ associada ao caminho *iaf* ;

d) Se o sistema regressa do estado final ao estado inicial seguindo a diagonal *fci* do retângulo (fig.), o trabalho $W_{(fci)}$ e a quantidade de calor $Q_{(fci)}$ associados a esse caminho.



Analisando o gráfico, temos:



Portanto:

a) $\Delta U = Q - W \Rightarrow 50 = Q - 100 \therefore \boxed{Q_a = 150J}$

b) $W_{i\to f} = W_{i\to a} + W_{a\to f} + W_{f\to b} + W_{b\to i} = 0 + 200 + 0 + 100 \therefore \boxed{W_{i\to f} = 300J}$

c) $\Delta U = Q - W \Rightarrow 50 = Q - 300 \therefore \boxed{Q_c = 350J}$

d) Pela figura:

$$\boxed{W_d = -200J}$$

Substituindo:

$$\Delta U = Q - W \Rightarrow -50 = Q + 200 \therefore \boxed{Q = -250J}$$

Capítulo 8
Exercício 13

Duas esferas metálicas concêntricas, de raios r_1 e $r_2 > r_1$, são mantidas respectivamente às temperaturas T_1 e T_2, e estão separadas por uma camada de material homogêneo de condutividade térmica k (Fig. P.2). Calcule a taxa de transmissão de calor por unidade de tempo através dessa camada.