

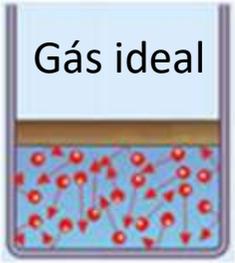
Primeira lei da Termodinâmica

Aulas 17 e 18 / Pg 519 / Tetra 1

- SL 02 – Mapa conceitual
- SL 03 – Teoria
- SL 11 - Exercícios

Apresentação e demais documentos: fisicasp.com.br

Como variar a energia interna de um gás?



Energia interna

$$U = \sum E_c$$

Quais modalidades de energia o gás pode trocar?

Processo térmico

- Troca de energia térmica (calor)
- Motivo:
 - diferença de temperatura

Processo mecânico

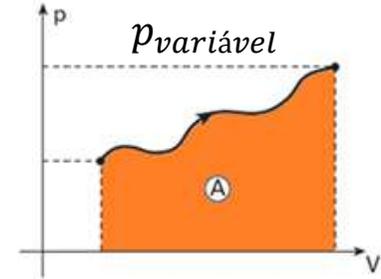
- Troca de energia Mecânica
- Motivo:
 - expansão ou compressão

Mapa conceitual

Como calcular (Q_s)

Como calcular *(Trabalho (τ))*

$$\tau = p_{cte} (V_{final} - V_{inicial}) \quad \text{ou}$$



Primeira lei da Termodinâmica

$$\Delta U = Q - \tau$$

Se o gás

- Esquenta: $\Delta U > 0$
- Esfria: $\Delta U < 0$
- Temp. constante: $\Delta U = 0$
- Proc cíclico: $\Delta U_{ciclo} = 0$

Se o gás

- Recebe calor: $Q > 0$
- Perde calor: $Q < 0$
- Proc. adiabático (não troca calor) $Q = 0$

Se o gás

- Expande (V aumenta)
- perde energia mecânica $\tau > 0$
- Contraí (V diminui)
- recebe energia mecânica $\tau < 0$
- T. isovolumétrica (V cte)
- não troca energia mecânica $\tau = 0$

Processo isobárico (pressão constante)

$$\Delta U = Q - \tau$$

$$\tau = p_{cte} \cdot \Delta V$$

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

c_p : calor específico para pressão constante

Processo isovolumétrico (volume constante) ($\tau = 0$)

$$\Delta U = Q - \overset{0}{\cancel{\tau}} \Rightarrow \Delta U = Q$$

$$Q = m \cdot c_v \cdot \Delta T$$

c_v : calor específico para volume constante

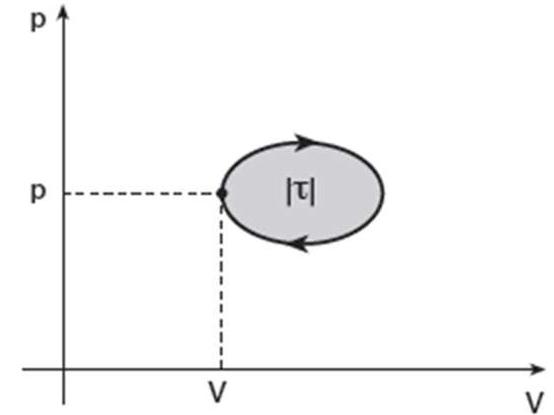
Processo isotérmico (temperatura constante) ($\Delta U = 0$)

$$\overset{0}{\cancel{\Delta U}} = Q - \tau \Rightarrow Q = \tau$$

Processo cíclico ($\Delta U_{\text{ciclo}} = 0$)

$$\cancel{\Delta U = Q - \tau} \xrightarrow{0} \boxed{Q = \tau}$$

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



Processo adiabático (não ocorre troca de calor) ($Q = 0$)

$$\cancel{\Delta U = Q - \tau} \xrightarrow{0} \boxed{\Delta U = -\tau}$$

Expansão ($\tau > 0$) adiabática → gás esfria ($\Delta U < 0$)

$$\Delta U = -\tau$$

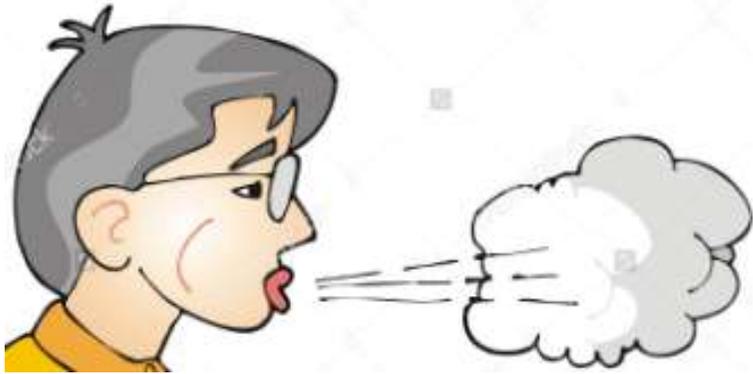
$$(-) = -(+)$$

Compressão ($\tau < 0$) adiabática → gás aquece ($\Delta U > 0$)

$$\Delta U = -\tau$$

$$(+) = -(-)$$

Exemplo de expansão adiabática



Quando soprarmos o ar, o gás sofre uma rápida expansão, troca pouco calor com o ambiente (processo adiabático) e sofre resfriamento.



O gás sofre uma expansão e realiza trabalho sobre o meio

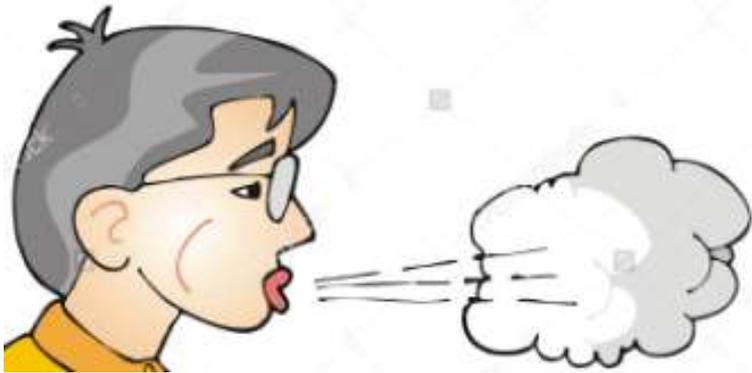
O gás cede energia mecânica ao meio

A energia interna do gás diminui

O gás esfria

Por se tratar de um processo rápido, o gás não troca calor com o ambiente

Exemplo de expansão adiabática



Quando soprarmos o ar, o gás sofre uma rápida expansão, troca pouco calor com o ambiente (processo adiabático) e sofre resfriamento.



O gás sofre uma expansão e realiza trabalho sobre o meio

Expande \rightarrow V aumenta \rightarrow $\tau = + 500 \text{ J}$

O gás cede 500 J de energia mecânica



Por se tratar de um processo rápido, o gás não troca calor com o ambiente

$$Q = 0$$

$$\Delta U = \overset{0}{\cancel{Q}} - \tau$$

$$\Delta U = -\tau$$

$$\Delta U = -(+ 500)$$

$$\Delta U = - 500 \text{ J}$$

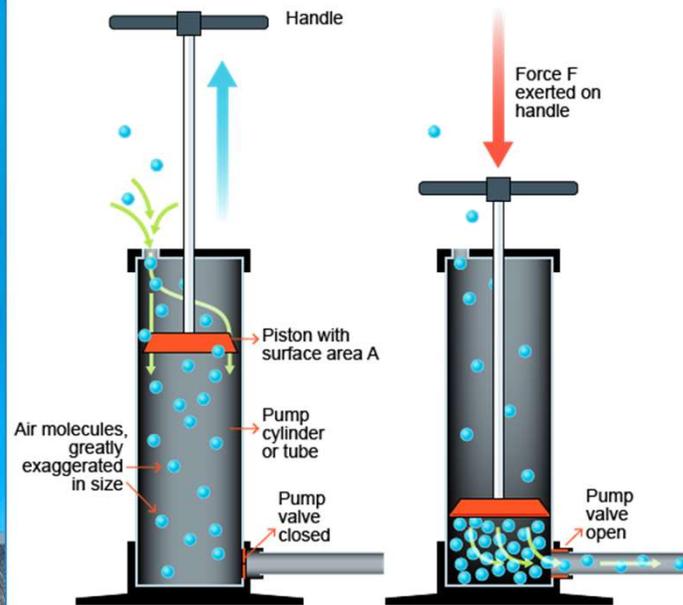
$$\text{Esfria: } \Delta U < 0$$

*valores inventados pelo prof Caio

Exemplo de expansão adiabática



Exemplo de compressão adiabática



Na compressão um trabalho é realizado sobre o gás

O gás recebe energia mecânica do agente externo

A energia interna do gás aumenta

O gás esquenta

Por se tratar de um processo rápido, o gás não troca calor com ambiente

Exemplo de compressão adiabática



Na compressão o agente externo realiza trabalho sobre o gás

Comprime \rightarrow V diminui \rightarrow $\tau = -700$ J

O gás recebe 700 J de energia mecânica



Por se tratar de um processo rápido, o gás não troca calor com o ambiente

$$Q = 0$$

$$\Delta U = Q - \tau$$

$$\Delta U = -\tau$$

$$\Delta U = -(-700)$$

$$\Delta U = +700$$
 J

Esquenta: $\Delta U > 0$

*valores inventados pelo prof Caio

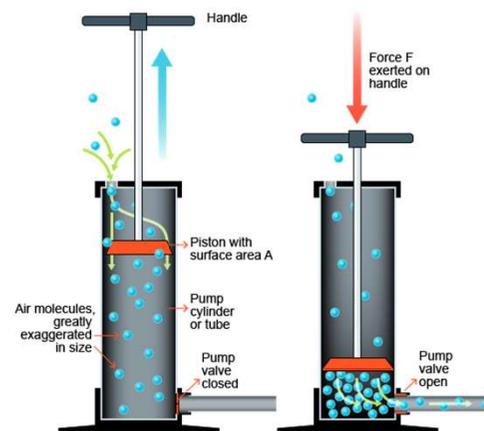
Exercícios extras

3. EsPcEx-sP 2017 Durante um experimento, um gás perfeito é comprimido, adiabaticamente, sendo realizado sobre ele um trabalho de 800 J. Em relação ao gás, ao final do processo, podemos afirmar que:

- a) o volume aumentou, a temperatura aumentou e a pressão aumentou.
- b) o volume diminuiu, a temperatura diminuiu e a pressão aumentou.
- c) o volume diminuiu, a temperatura aumentou e a pressão diminuiu.
- d) o volume diminuiu, a temperatura aumentou e a pressão aumentou.
- e) o volume aumentou, a temperatura aumentou e a pressão diminuiu.

3. EsPcEx-sP 2017 Durante um experimento, um gás perfeito é comprimido, adiabaticamente, sendo realizado sobre ele um trabalho de 800 J. Em relação ao gás, ao final do processo, podemos afirmar que:

- a) o volume aumentou, a temperatura aumentou e a pressão aumentou.
- b) o volume diminuiu, a temperatura diminuiu e a pressão aumentou.
- c) o volume diminuiu, a temperatura aumentou e a pressão diminuiu.
- d) o volume diminuiu, a temperatura aumentou e a pressão aumentou.
- e) o volume aumentou, a temperatura aumentou e a pressão diminuiu.



O gás recebe energia mecânica do agente externo

A energia interna do gás aumenta

O gás esquenta

3. EsPcEx-sP 2017 Durante um experimento, um gás perfeito é comprimido, adiabaticamente, sendo realizado sobre ele um trabalho de 800 J. Em relação ao gás, ao final do processo, podemos afirmar que:

- a) o volume aumentou, a temperatura aumentou e a pressão aumentou.
- b) o volume diminuiu, a temperatura diminuiu e a pressão aumentou.
- c) o volume diminuiu, a temperatura aumentou e a pressão diminuiu.
- d) o volume diminuiu, a temperatura aumentou e a pressão aumentou.
- e) o volume aumentou, a temperatura aumentou e a pressão diminuiu.



Na compressão o agente externo realiza trabalho sobre o gás

Comprime \rightarrow V diminui \rightarrow $\tau = - 800$ J

O gás recebe 800 J de energia mecânica



Por se tratar de um processo rápido, o gás não troca calor com o ambiente

$$Q = 0$$

$$\Delta U = Q - \tau$$

$$\Delta U = - \tau$$

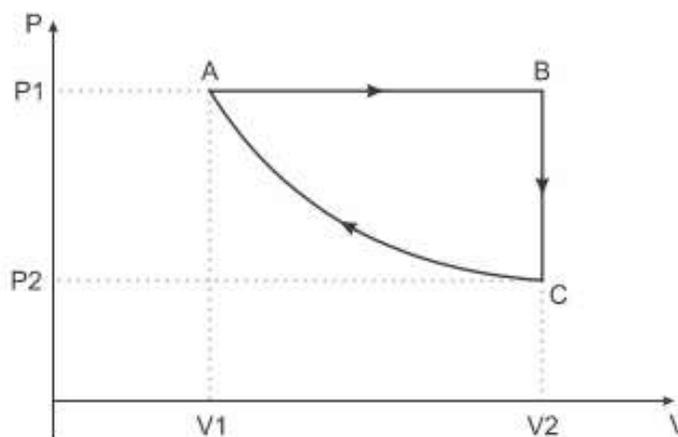
$$\Delta U = - (- 800)$$

$$\Delta U = + 800 \text{ J}$$

Esquenta: $\Delta U > 0$

*valores inventados pelo prof Caio

4. (Fuvest 2021) Um mol de um gás ideal percorre o processo cíclico ABCA em um diagrama P-V, conforme mostrado na figura, sendo que a etapa AB é isobárica, a etapa BC é isocórica e a etapa CA é isotérmica.



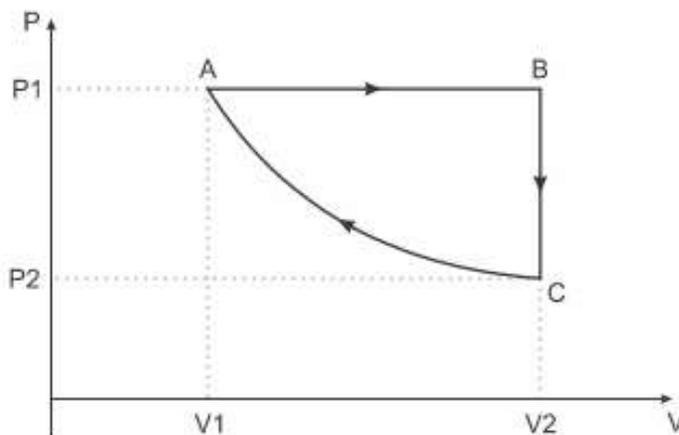
Considere as seguintes afirmações:

- I. O gás libera calor tanto na etapa BC quanto na etapa CA.
- II. O módulo do trabalho realizado pelo gás é não nulo tanto na etapa AB quanto na etapa BC.
- III. O gás tem sua temperatura aumentada tanto na etapa AB quanto na etapa CA.

É correto o que se afirma em:

- a) Nenhuma delas.
- b) Apenas I.
- c) Apenas II.
- d) Apenas III.
- e) Apenas I e II.

4. (Fuvest 2021) Um mol de um gás ideal percorre o processo cíclico ABCA em um diagrama P-V, conforme mostrado na figura, sendo que a etapa AB é isobárica, a etapa BC é isocórica e a etapa CA é isotérmica.



Considere as seguintes afirmações:

(V)

I. O gás libera calor tanto na etapa BC quanto na etapa CA.

BC

$$\Delta U = Q - \overset{0}{\cancel{\chi}}$$

$$\Delta U = Q$$

- T diminui \rightarrow U diminui $\rightarrow \Delta U = U_f - U_i \rightarrow \Delta U < 0$

$$PV = nRT \quad \rightarrow \quad T = \frac{P \overset{\downarrow}{V}}{\overset{\downarrow}{nR}}$$

cte

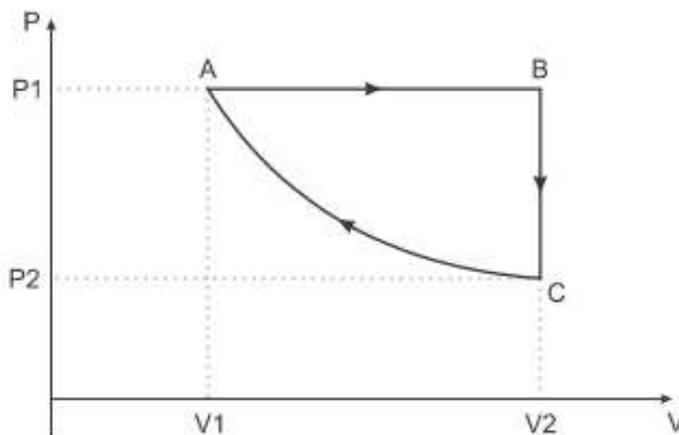
$$Q = \Delta U$$

$$(-) = (-)$$

$$Q < 0$$

O gás cede calor

4. (Fuvest 2021) Um mol de um gás ideal percorre o processo cíclico ABCA em um diagrama P-V, conforme mostrado na figura, sendo que a etapa AB é isobárica, a etapa BC é isocórica e a etapa CA é isotérmica.



Considere as seguintes afirmações:

- I. O gás libera calor tanto na etapa BC quanto na etapa CA. (V) (V) (V)

CA
 $\Delta U = Q - \tau$

$Q = \tau$

T cte \rightarrow U cte $\rightarrow \Delta U = U_f - U_i \rightarrow \Delta U = 0$

- O gás comprimido \rightarrow (V diminui) $\rightarrow \tau < 0$

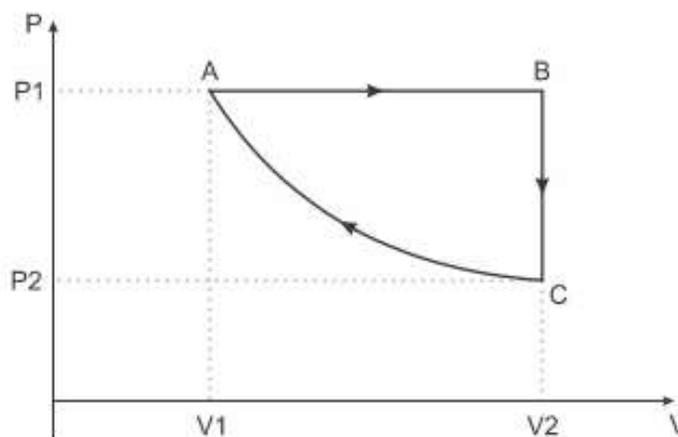
$Q = \tau$

$(-) = (-)$

$Q < 0$

O gás cede calor

4. (Fuvest 2021) Um mol de um gás ideal percorre o processo cíclico ABCA em um diagrama P-V, conforme mostrado na figura, sendo que a etapa AB é isobárica, a etapa BC é isocórica e a etapa CA é isotérmica.

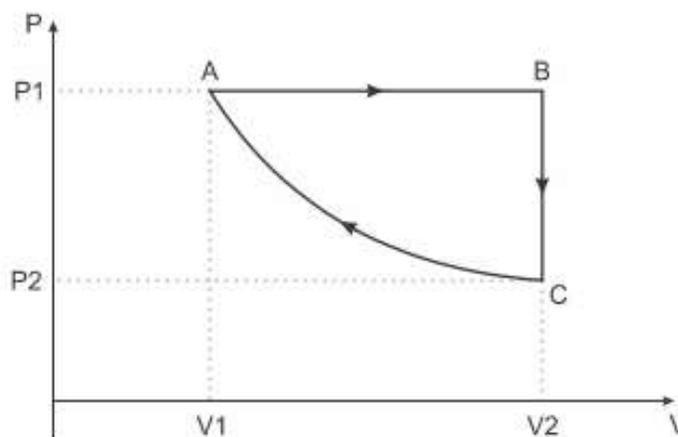


Considere as seguintes afirmações:

II. O módulo do trabalho realizado pelo gás é não nulo tanto na etapa AB quanto na etapa BC. (V) (F) (F)

AB	BC
$\tau = p_{cte} \cdot (V_f - V_i) > 0$	$\tau = 0$ (processo isovolumétrico)

4. (Fuvest 2021) Um mol de um gás ideal percorre o processo cíclico ABCA em um diagrama P-V, conforme mostrado na figura, sendo que a etapa AB é isobárica, a etapa BC é isocórica e a etapa CA é isotérmica.



Considere as seguintes afirmações:

(V)

(F)

III. O gás tem sua temperatura aumentada tanto na etapa AB quanto na etapa CA. (F)

AB

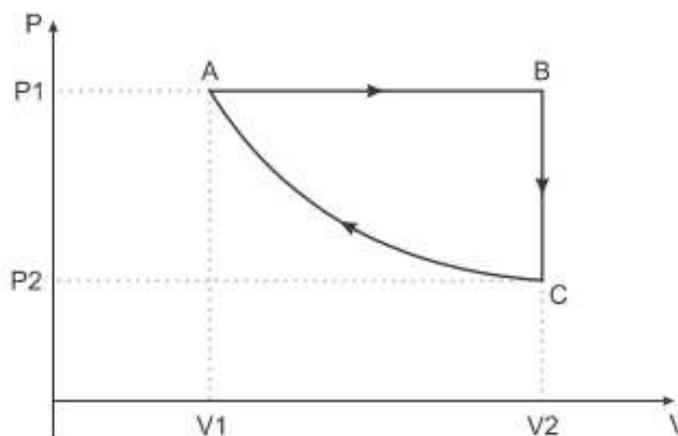
CA

• Isotérmica: T cte

$$PV = nRT \Rightarrow T = \frac{P}{nR} V$$

cte

4. (Fuvest 2021) Um mol de um gás ideal percorre o processo cíclico ABCA em um diagrama P-V, conforme mostrado na figura, sendo que a etapa AB é isobárica, a etapa BC é isocórica e a etapa CA é isotérmica.



Considere as seguintes afirmações:

- I. O gás libera calor tanto na etapa BC quanto na etapa CA. (V)
- II. O módulo do trabalho realizado pelo gás é não nulo tanto na etapa AB quanto na etapa BC. (F)
- III. O gás tem sua temperatura aumentada tanto na etapa AB quanto na etapa CA. (F)

É correto o que se afirma em:

- a) Nenhuma delas.
- b) Apenas I. ←
- c) Apenas II.
- d) Apenas III.
- e) Apenas I e II.

5. UFRGs 2015 Sob condições de pressão constante, certa quantidade de calor Q , fornecida a um gás ideal monoatômico, eleva sua temperatura em ΔT . Quanto calor seria necessário, em termos de Q , para concluir a mesma elevação de temperatura ΔT , se o gás fosse mantido em volume constante?

- a) $3Q$
- b) $5Q/3$
- c) Q
- d) $3Q/5$
- e) $2Q/5$

5. UFRGs 2015 Sob condições de pressão constante, certa quantidade de calor Q , fornecida a um gás ideal monoatômico, eleva sua temperatura em ΔT . Quanto calor seria necessário, em termos de Q , para concluir a mesma elevação de temperatura ΔT , se o gás fosse mantido em volume constante?

- a) $3Q$ b) $5Q/3$ c) Q **d) $3Q/5$** e) $2Q/5$

Processo 1

Pressão constante

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot p\Delta V \rightarrow \frac{2}{3} \Delta U = p\Delta V$$

$$\tau = p \cdot \Delta V$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta U = \frac{3}{2} \cdot p\Delta V \rightarrow \frac{2}{3} \Delta U = p\Delta V \\ \tau = p \cdot \Delta V \end{array} \right\} \frac{2}{3} \Delta U = \tau$$

$$\Delta U = Q - \tau$$

$$\Delta U = Q - \frac{2}{3} \Delta U$$

$$\Delta U + \frac{2}{3} \Delta U = Q \rightarrow \frac{5}{3} \Delta U = Q \rightarrow \Delta U = \frac{3}{5} Q$$

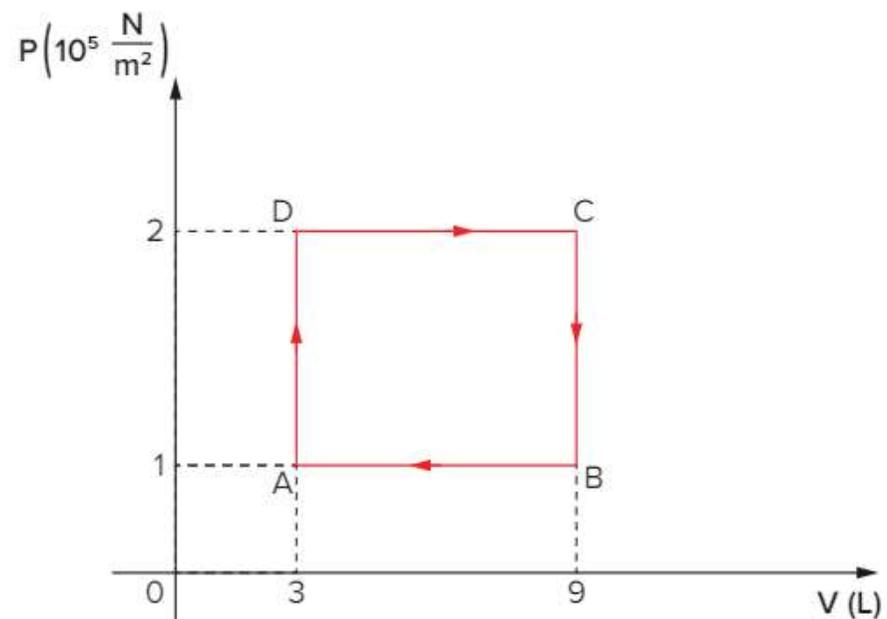
Processo 2

Volume constante

$$\Delta U = Q_1 - \tau \rightarrow 0$$

$$\frac{3}{5} Q = Q_1$$

6. Seja o ciclo termodinâmico representado abaixo, executado por um gás monoatômico.



Preencha as células vazias do quadro com os valores correspondentes, em unidades do SI.

Transformação	AD	DC	CB	BA	ADCBA
ΔU					
Q					
W					

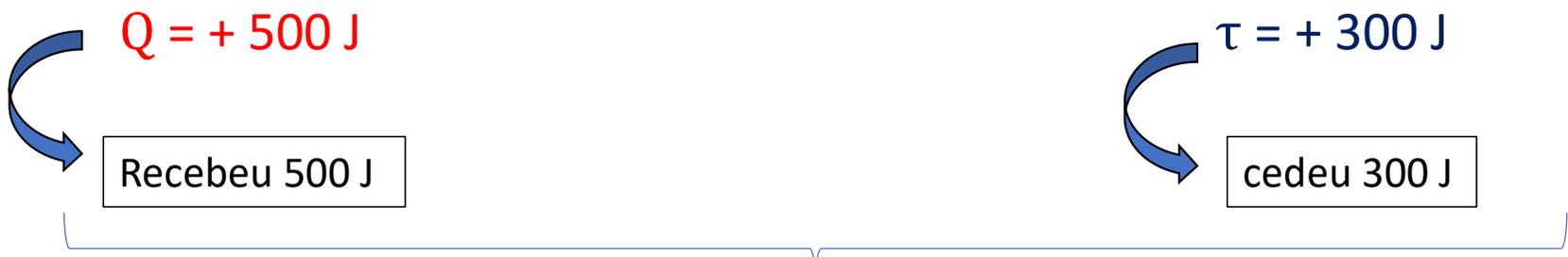
Exercícios

Extra 1. Calcule a variação da energia interna do gás.

a) O sistema recebe 500J de calor e sofre uma expansão na qual realiza um trabalho de 300J.

- O gás recebe calor $\rightarrow Q > 0$

- O gás expande $\rightarrow (V \text{ aumenta}) \rightarrow \tau > 0$



$$\Delta U = Q - \tau$$
$$\Delta U = (+500) - (+300)$$
$$\Delta U = + 200 \text{ J}$$



Extra 1. Calcule a variação da energia interna do gás.

b) O gás é comprimido e um trabalho de 300J é realizado sobre ele. Em virtude da diferença de temperatura em relação ao meio externo, o gás perde 700J de calor.

- O gás cede calor $\rightarrow Q < 0$

- O gás é comprimido $\rightarrow (V \text{ diminui}) \rightarrow \tau < 0$



$$\Delta U = Q - \tau$$

$$\Delta U = (- 700) - (- 300)$$

$$\Delta U = - 700 + 300$$

$$\Delta U = - 400 \text{ J}$$

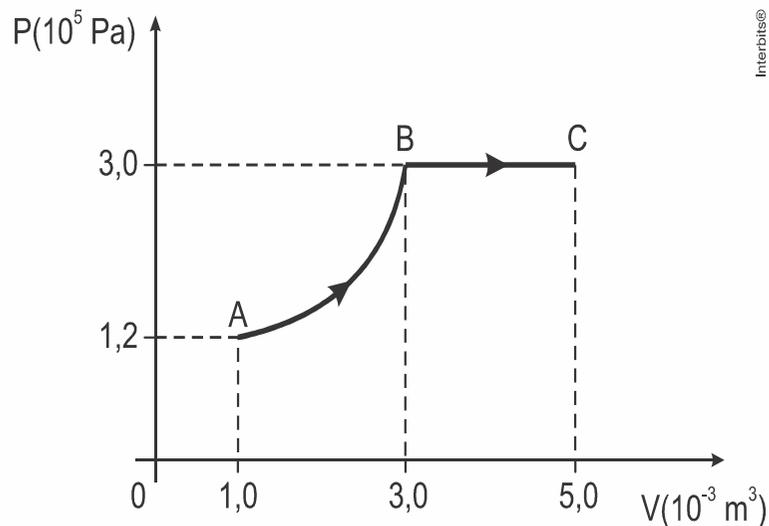


Ao final a energia interna (U) sofreu uma diminuição de 400 J



O gás fica mais frio
T diminui

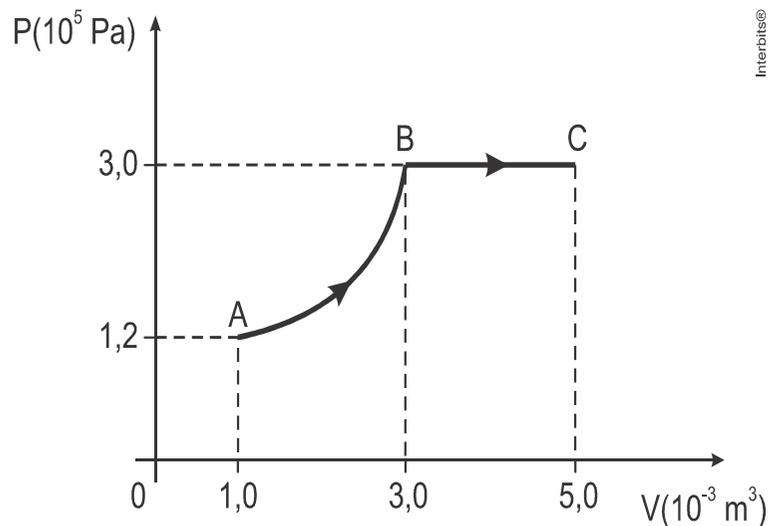
Extra 2. (Fac. Albert Einstein - Medicina 2019) Para provocar a transformação gasosa ABC representada no diagrama $P \times V$ em determinada massa constante de gás ideal, foi necessário fornecer-lhe 1400 J de energia em forma de calor, dos quais 300 J transformaram-se em energia interna do gás, devido ao seu aquecimento nesse processo.



Considerando não ter havido perda de energia, o trabalho realizado pelas forças exercidas pelo gás no trecho AB dessa transformação foi de

- a) 600 J
- b) 400 J
- c) 500 J
- d) 1100 J
- e) 800 J

Extra 2. (Fac. Albert Einstein - Medicina 2019) Para provocar a transformação gasosa ABC representada no diagrama P x V em determinada massa constante de gás ideal, foi necessário fornecer-lhe 1400 J de energia em forma de calor, dos quais 300 J transformaram-se em energia interna do gás, devido ao seu aquecimento nesse processo.



Considerando não ter havido perda de energia, o trabalho realizado pelas forças exercidas pelo gás no trecho AB dessa transformação foi de

- a) 600 J
- b) 400 J
- c) 500 J
- d) 1100 J
- e) 800 J



$$\tau_{AB} = ?$$

$$\tau_{ABC} = \tau_{AB} + \tau_{BC}$$

$$1100 = \tau_{AB} + 600$$

$$\tau_{AB} = 500 \text{ J}$$

$$\tau_{BC} = p_{cte} \cdot \Delta V$$

$$\tau_{BC} = 3 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}$$

$$\tau_{BC} = 600 \text{ J}$$

$$\Delta U_{ABC} = Q_{ABC} - \tau_{ABC}$$

$$300 = 1400 - \tau_{ABC}$$

$$\tau_{ABC} = 1100 \text{ J}$$