

## Gás ideal: energia interna, calor e trabalho

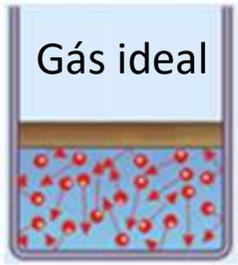
- Aulas 17 e 18 / Pg 519 / Tetra 1      - Aulas 9/ Pg 419 / Hexa 1

- SL 02 – Mapa conceitual
- SL 03 – Energia interna
- SL 05 – Trabalho
- SL 09 – Exercícios

Apresentação e demais documentos: **[fisicasp.com.br](http://fisicasp.com.br)**

## Mapa conceitual

Como a energia interna de um gás pode variar?



Energia interna

$$U = \sum E_c$$

Quais modalidades de energia o gás pode trocar?

Energia Térmica

- Processo térmico
- Motivo: diferença de temperatura

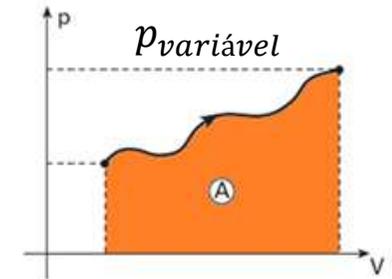
Como calcular?  
( $Q_s$ )

Energia Mecânica

- Processo mecânico
- Motivo: expansão ou compressão

Como calcular?  
(Trabalho ( $\tau$ ))

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



## Energia Interna de um gás ideal

- **Energia Interna (U):** é a soma das energias cinéticas das partículas.

$$U = E_{c(1)} + E_{c(2)} + E_{c(3)} + \dots + E_{c(n)}$$

- Características do gás ideal
  - Partículas puntiformes (não há rotação: a energia cinética se resume à energia de translação).
  - As partículas só trocam forças durante dos choques (não há força elétrica: o sistema não armazena  $E_{pot\ el}$ ).

Gás Monoatômico:

$$U = \frac{3}{2} PV = \frac{3}{2} nRT$$

Gás Diatômico:

$$U = \frac{5}{2} PV = \frac{5}{2} nRT$$

No SI: U é medida em Joules (J)

## Varição da energia interna de um gás ideal ( $\Delta U = U_f - U_i$ )

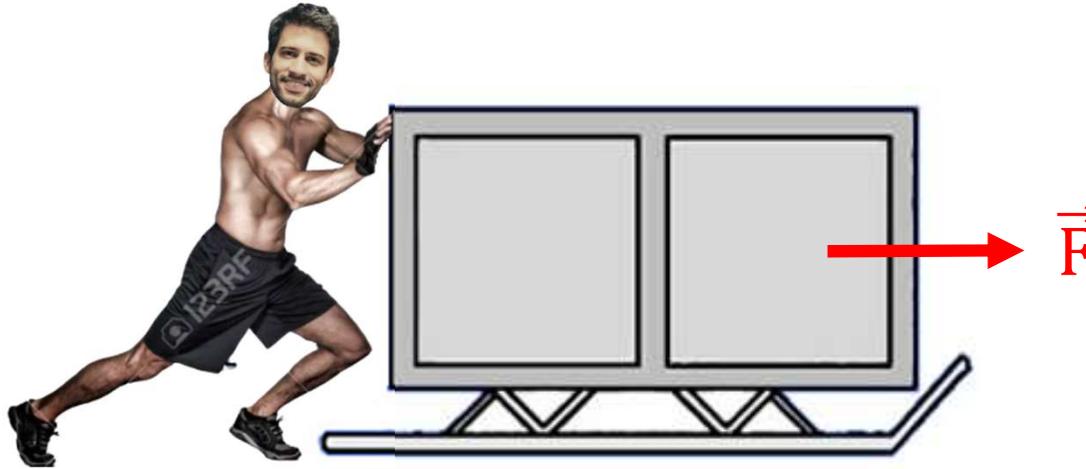
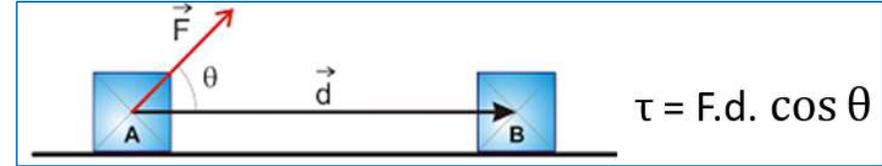
- $\Delta U > 0 \Rightarrow U_f > U_i \Rightarrow U$  aumenta  $\Rightarrow T$  aumenta
- $\Delta U < 0 \Rightarrow U_f < U_i \Rightarrow U$  diminui  $\Rightarrow T$  diminui
- $\Delta U = 0 \Rightarrow U_f = U_i \Rightarrow U_f = U_i$  ou  $U$  cte  $\Rightarrow T_f = T_i$  ou  $T$  cte

A energia interna pode ser considerada o “reservatório de energia do gás”

## Quantidade de calor trocada por um gás ideal (Q)

- $Q > 0 \Rightarrow$  o gás recebe calor
- $Q < 0 \Rightarrow$  o gás cede calor
- $Q = 0 \Rightarrow$  o gás não troca calor (processo adiabático)

Revisão: trabalho realizado por uma força



Quem empurrou

*Cede energia mecânica*

Quem é empurrado  
(e se desloca no mesmo sentido do empurrão)

*Recebe energia mecânica*

[https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_pt_BR.html)

## Trabalho da força exercida por um gás

### Equações

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

$$\text{SI: } J = N \cdot m$$

$$J = N \cdot m$$

$$\tau = p \cdot (V_{final} - V_{inicial})$$

$$\text{SI: } J = \frac{N}{m^2} \cdot m^3$$

$$\text{SI: } J = N \cdot m$$

### Processo isobárico (pressão constante)

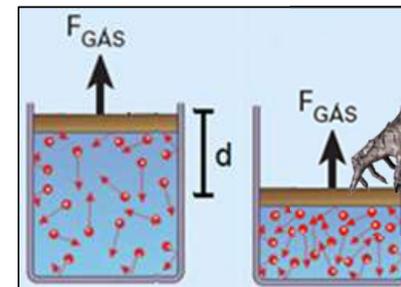
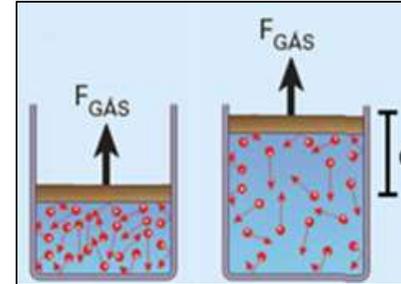
$$\tau = p_{cte} \cdot (V_{final} - V_{inicial})$$

ou

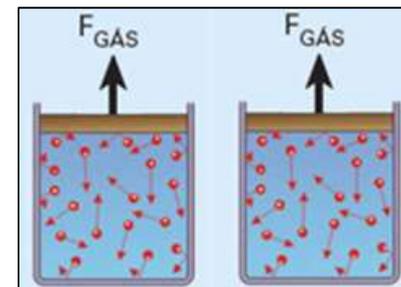
$$\tau = p_{cte} \cdot \Delta V$$

## Sinais e a troca de energia mecânica

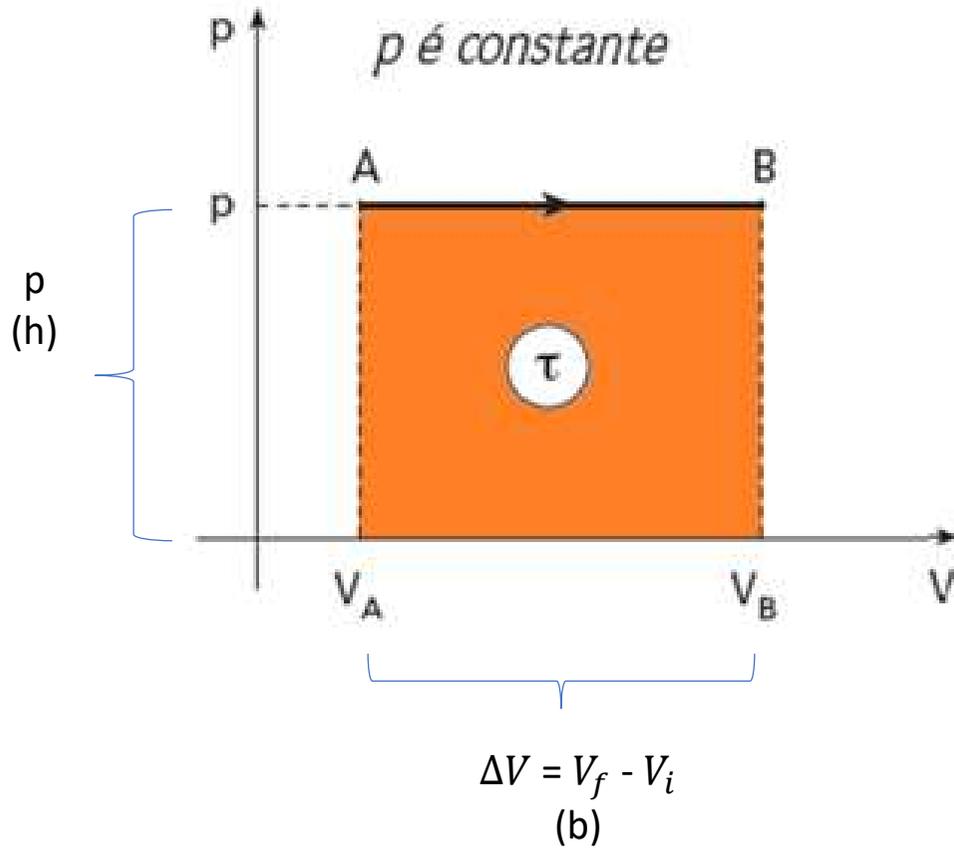
- *Expansão (V: aumenta)*
  - $\tau > 0$
  - o gás realiza trabalho
  - o gás cede energia mecânica ao meio externo
- *Compressão (V: diminui)*
  - $\tau < 0$
  - trabalho é realizado sobre o gás
  - o gás recebe energia mecânica do meio externo
- *Processo isovolumétrico (V: cte)*
  - $\tau = 0$
  - trabalho nulo
  - o gás não troca energia mecânica



Agente externo empurrando



Propriedade gráfica



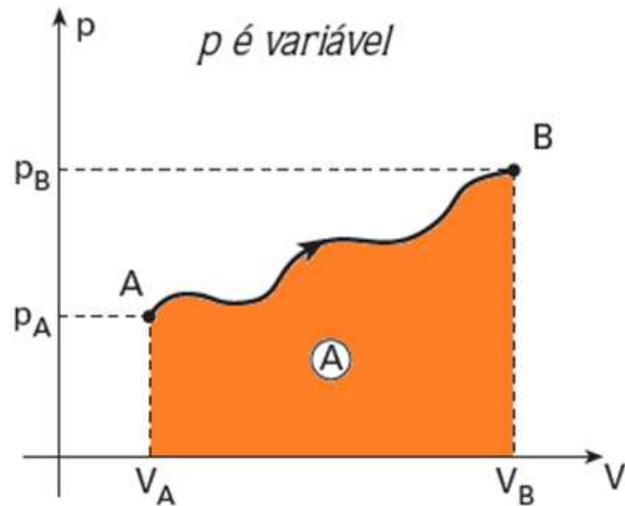
$$\tau = p_{cte} \times (V_{final} - V_{inicial})$$

$$A = h \times b$$

$$|\tau| \stackrel{N}{=} \text{Área}$$

## Propriedade gráfica

Processo qualquer

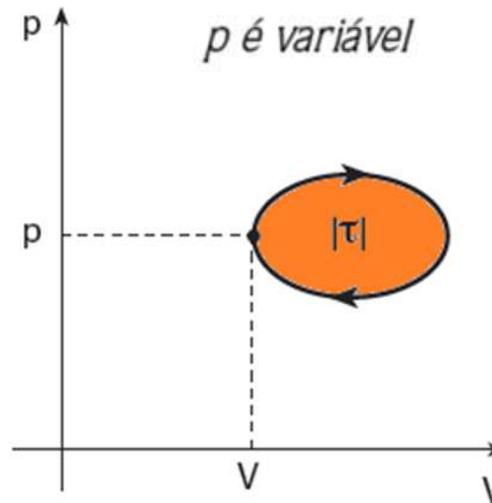


$$|\tau| \stackrel{N}{=} \text{Área}$$

V aumenta:  $\tau > 0$

V diminui:  $\tau < 0$

Processo cíclico



$$|\tau| \stackrel{N}{=} \text{Área}$$

Ciclo no sentido horário:  $\tau > 0$

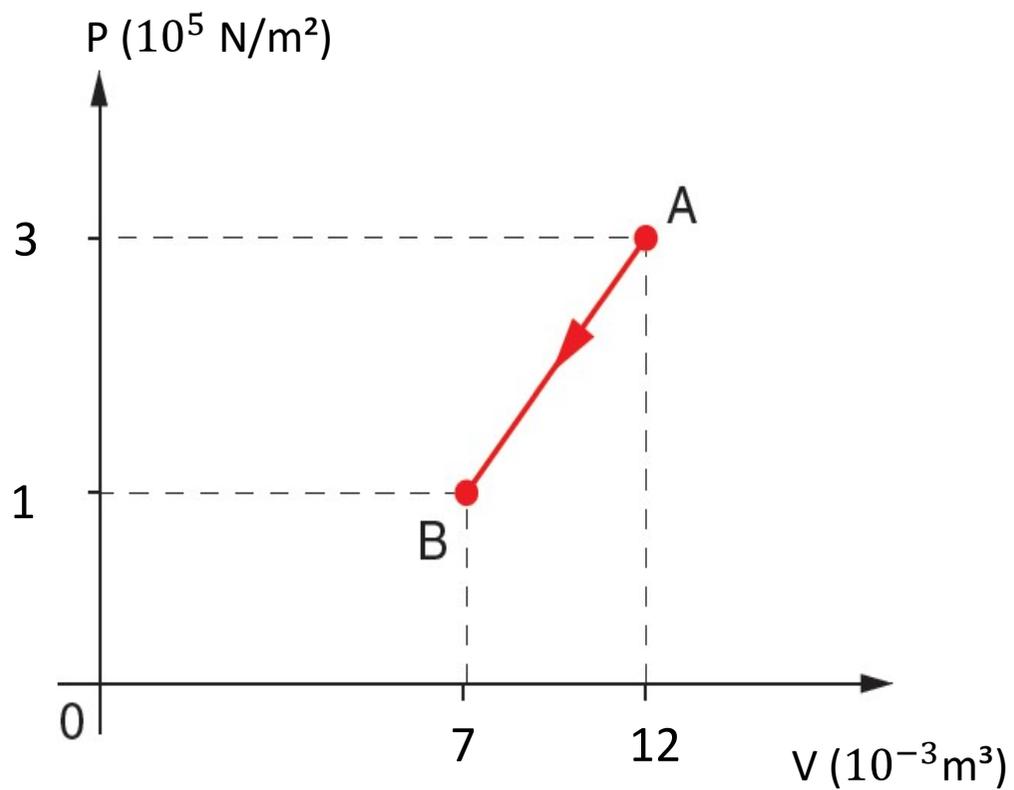
Ciclo no sentido anti-horário:  $\tau < 0$

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

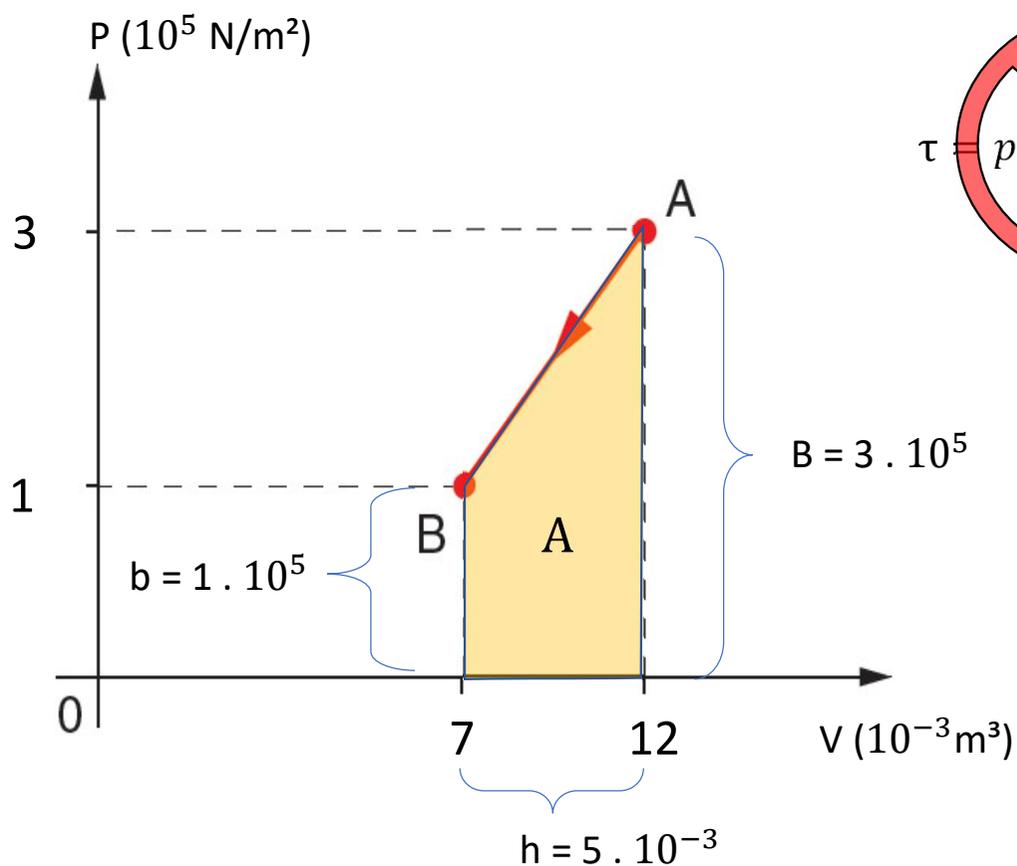
*Expressão não é válida para pressão variável*

## *Exercícios extras*

Extra 1. Calcule o trabalho realizado sobre o gás no processo representado no gráfico.



Extra 1 – Calcule o trabalho realizado sobre o gás no processo representado no gráfico.



$$\tau = p (V_{final} - V_{inicial})$$

$$|\tau| = A$$

$$A = \frac{(B + b) \cdot h}{2}$$

$$A = \frac{(3 \cdot 10^5 + 1 \cdot 10^5) \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{2}$$

$$A = \frac{(4 \cdot 10^5) \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{2}$$

$$A = 10 \cdot 10^2 = 1000$$

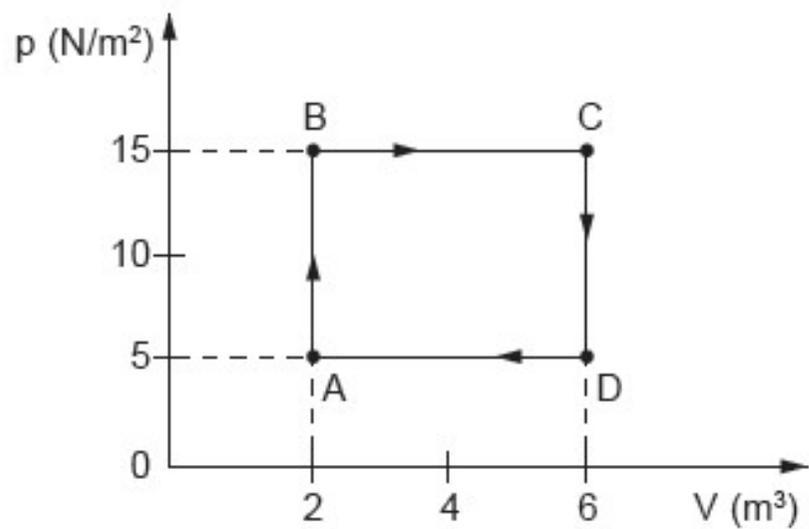
$$\tau = -1000\text{J}$$

$\tau < 0$  (compressão / V diminui)

$$\tau = p (V_{final} - V_{inicial})$$

Qual o significado?  $\Rightarrow$  O gás recebeu 1000J de energia mecânica de um agente externo

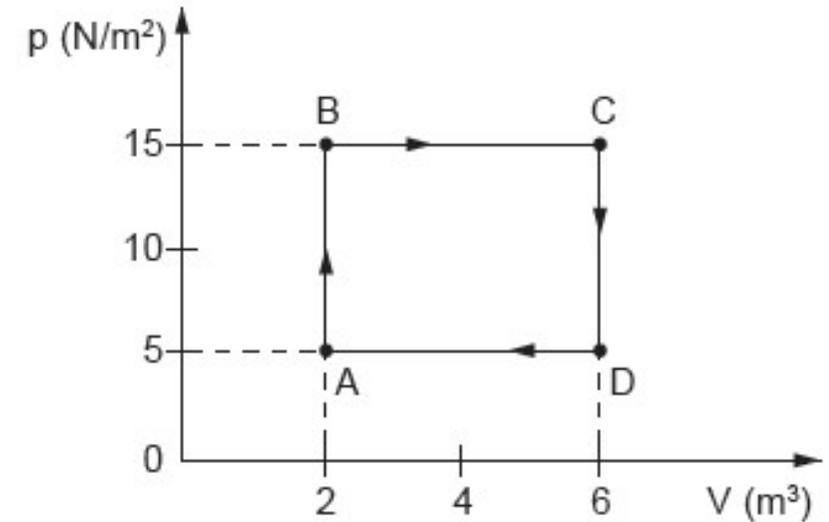
Extra 2. (UEL 2015) Analise o gráfico a seguir, que representa uma transformação cíclica ABCDA de 1 mol de gás ideal.



Calcule o trabalho realizado pelo gás durante o ciclo ABCDA.

Extra 2. (UEL 2015) Analise o gráfico a seguir, que representa uma transformação cíclica ABCDA de 1 mol de gás ideal.

Calcule o trabalho realizado pelo gás durante o ciclo ABCDA.



$$\tau_{ciclo} = \tau_{AB} + \tau_{BC} + \tau_{CD} + \tau_{DA}$$

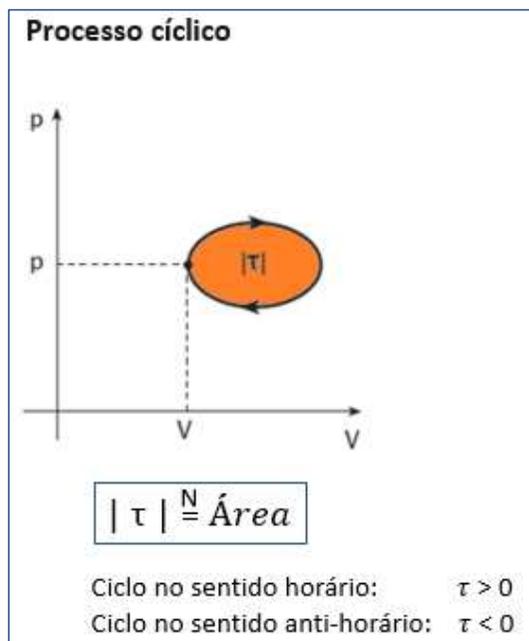
$$\tau_{ciclo} = 0 + p \cdot (V_C - V_B) + 0 + p' \cdot (V_A - V_D)$$

$$\tau_{ciclo} = 0 + 15 \cdot (6 - 2) + 0 + 5 \cdot (2 - 6)$$

$$\tau_{ciclo} = 0 + 60 + 0 - 20 \longrightarrow \tau_{ciclo} = +40 \text{ J}$$

Extra 2. (UEL 2015) Analise o gráfico a seguir, que representa uma transformação cíclica ABCDA de 1 mol de gás ideal.

Calcule o trabalho realizado pelo gás durante o ciclo ABCDA.



$$|\tau| = \text{Área}$$

$$A = B \cdot h = 4 \cdot 10 = 40$$

$$\tau_{\text{ciclo}} = +40 \text{ J}$$

