

Modificando a energia interna de um gás

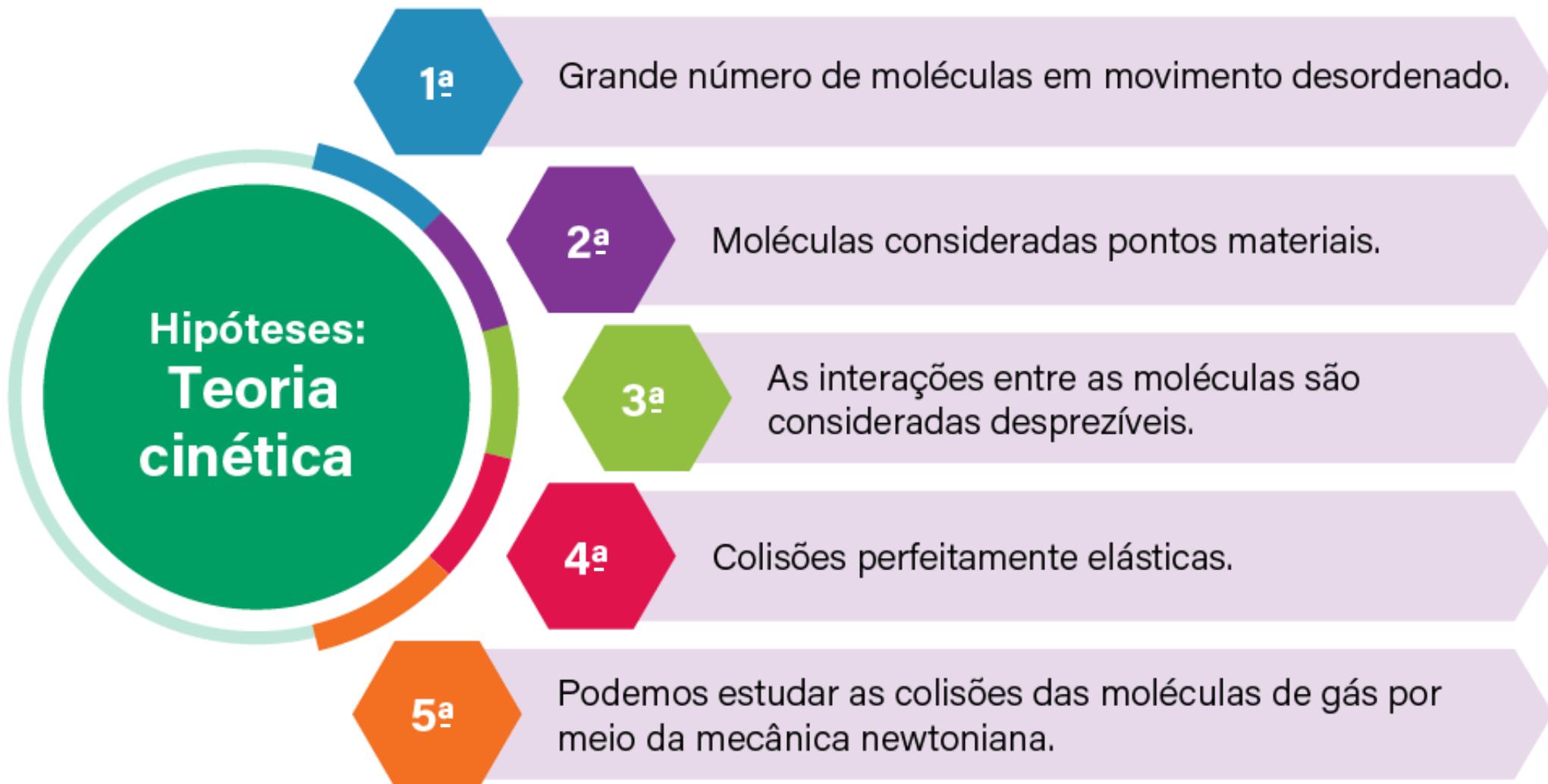
Conteúdo

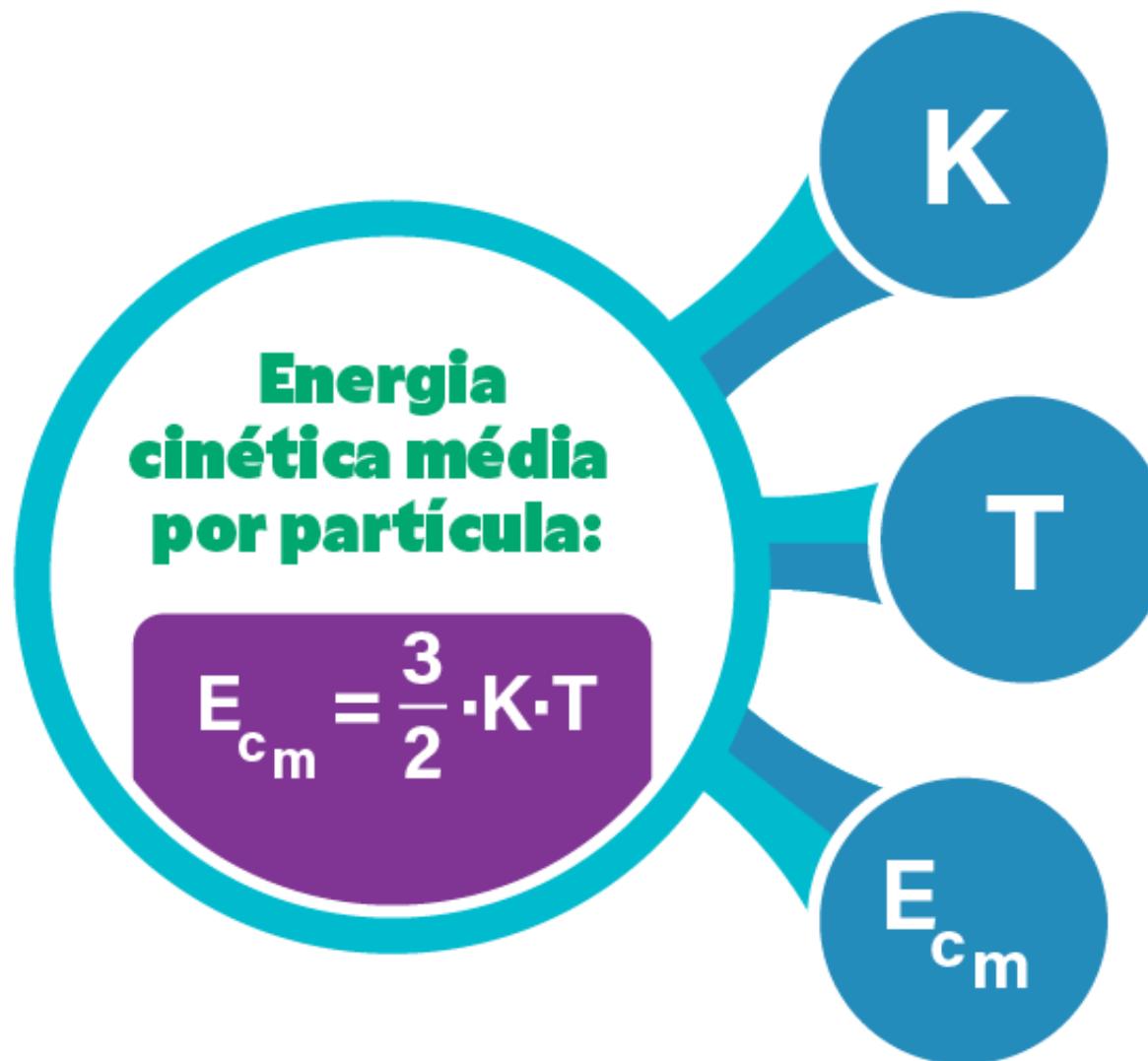
- Termodinâmica.

Objetivo

- Compreender o conceito de trabalho realizado por e sobre um gás, e como isso modifica sua energia interna.

Modelo microscópico de gás perfeito





Constante de Boltzmann

Não depende da natureza do gás.

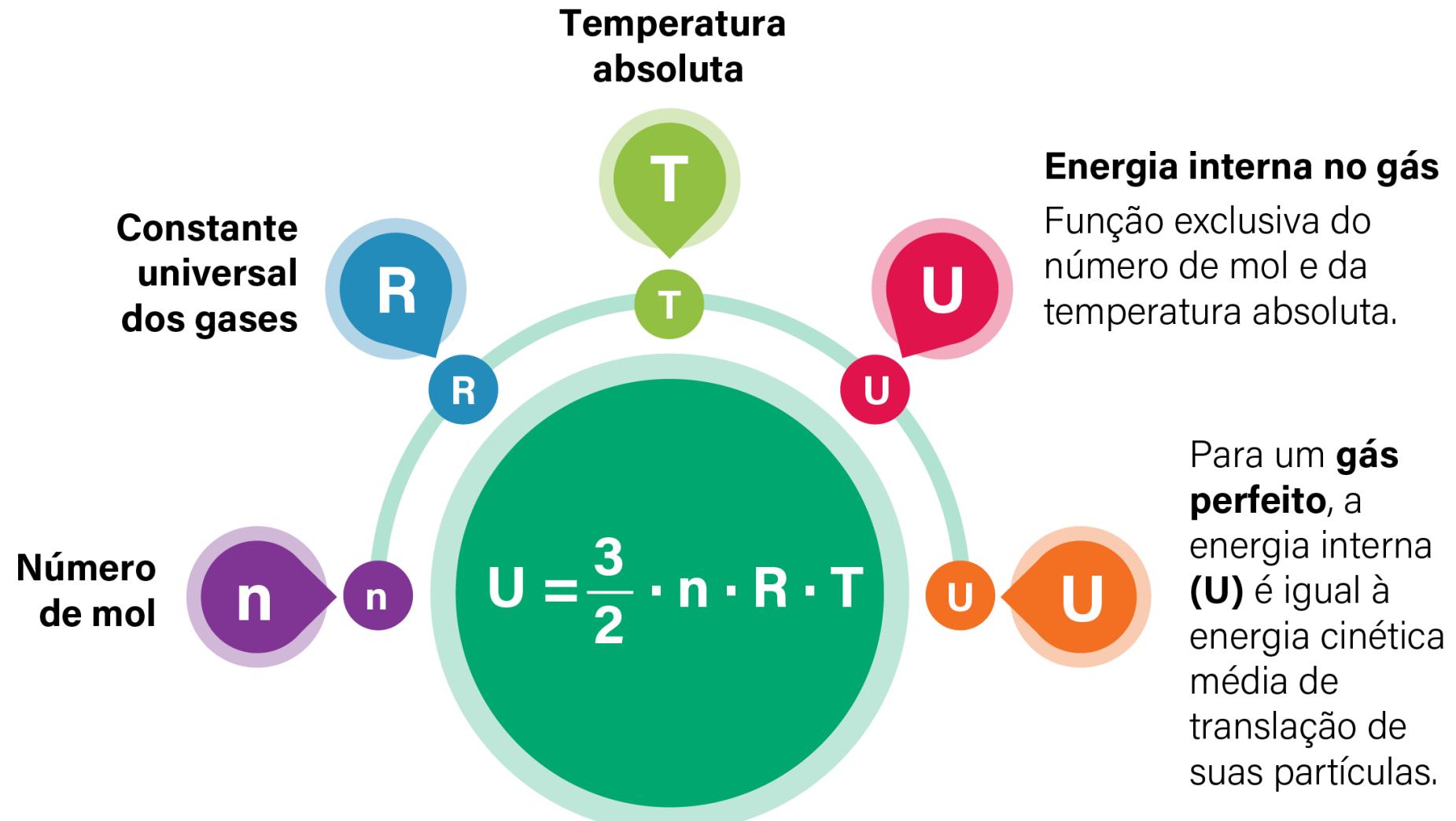
$$K = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Temperatura absoluta

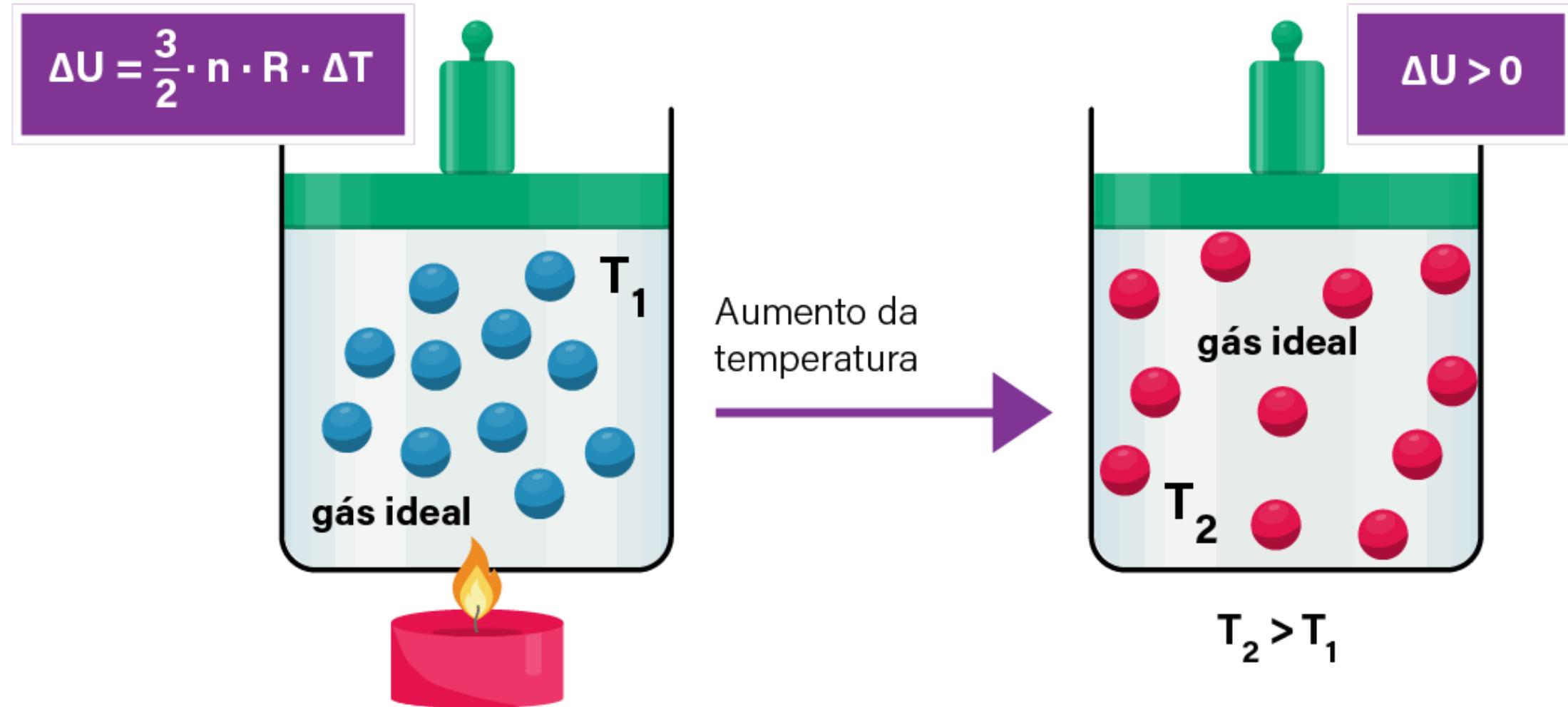
Energia cinética média

Em média, a energia cinética de cada partícula de gás perfeito é função exclusiva de sua temperatura.

Energia interna de um gás perfeito

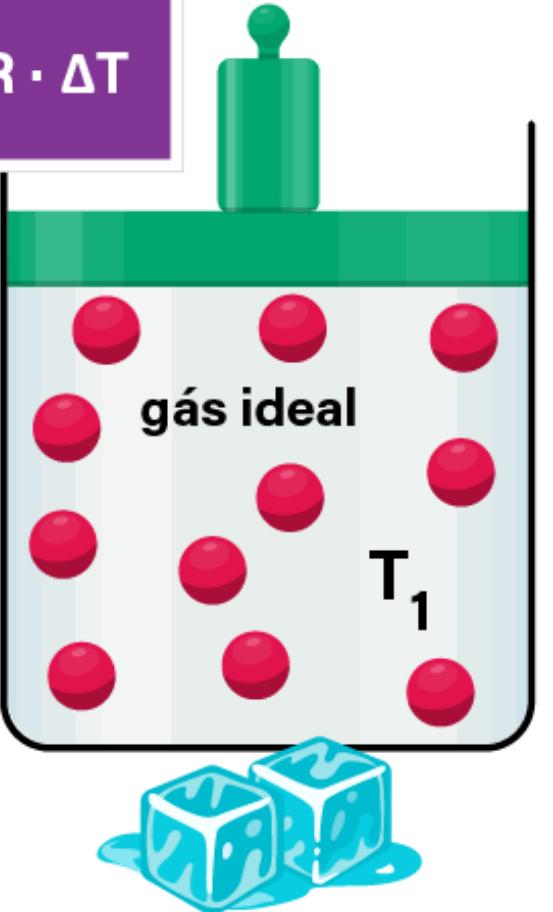


Sinais da variação da energia interna (ΔU)



Sinais da variação da energia interna (ΔU)

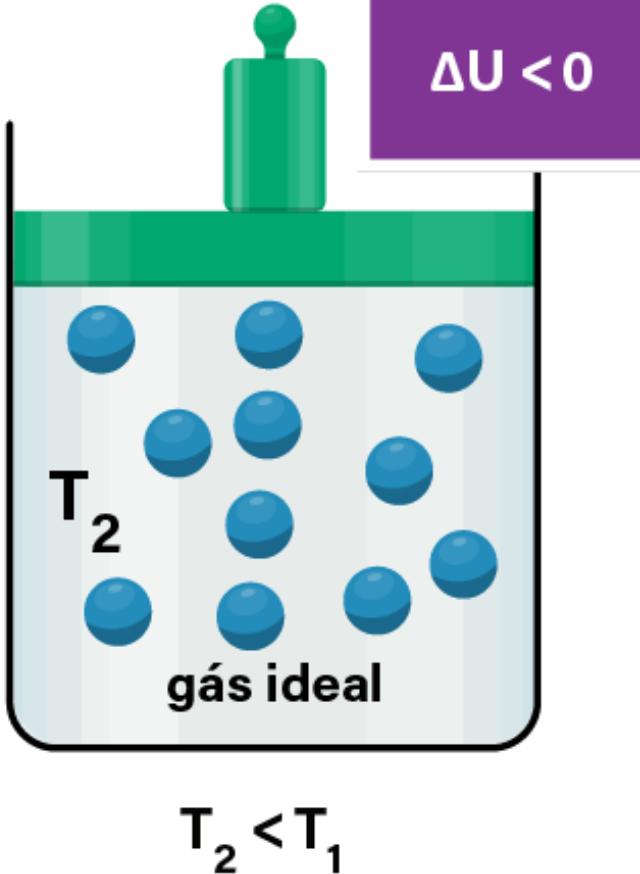
$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$$



Diminuição da
temperatura



$$\Delta U < 0$$





Pause e responda

Refletindo sobre a energia interna de um gás e seu modelo microscópico

Sobre o modelo de gás ideal são feitas algumas afirmações. Qual opção abaixo pode ser considerada correta?

Ocorrem dissipações de energia entre as partículas do gás.

Todo gás ideal possui energia interna $\frac{3}{2} nRT$.

Ao receber energia de uma fonte externa, novas interações são estabelecidas entre as partículas do gás.

A introdução de novas partículas de gás no sistema altera a energia interna.



Pause e responda

Refletindo sobre a energia interna de um gás e seu modelo microscópico

Sobre o modelo de gás ideal são feitas algumas afirmações. Qual opção abaixo pode ser considerada correta?



Ocorrem dissipações de energia entre as partículas do gás.

Todo gás ideal possui energia interna $\frac{3}{2}nRT$.

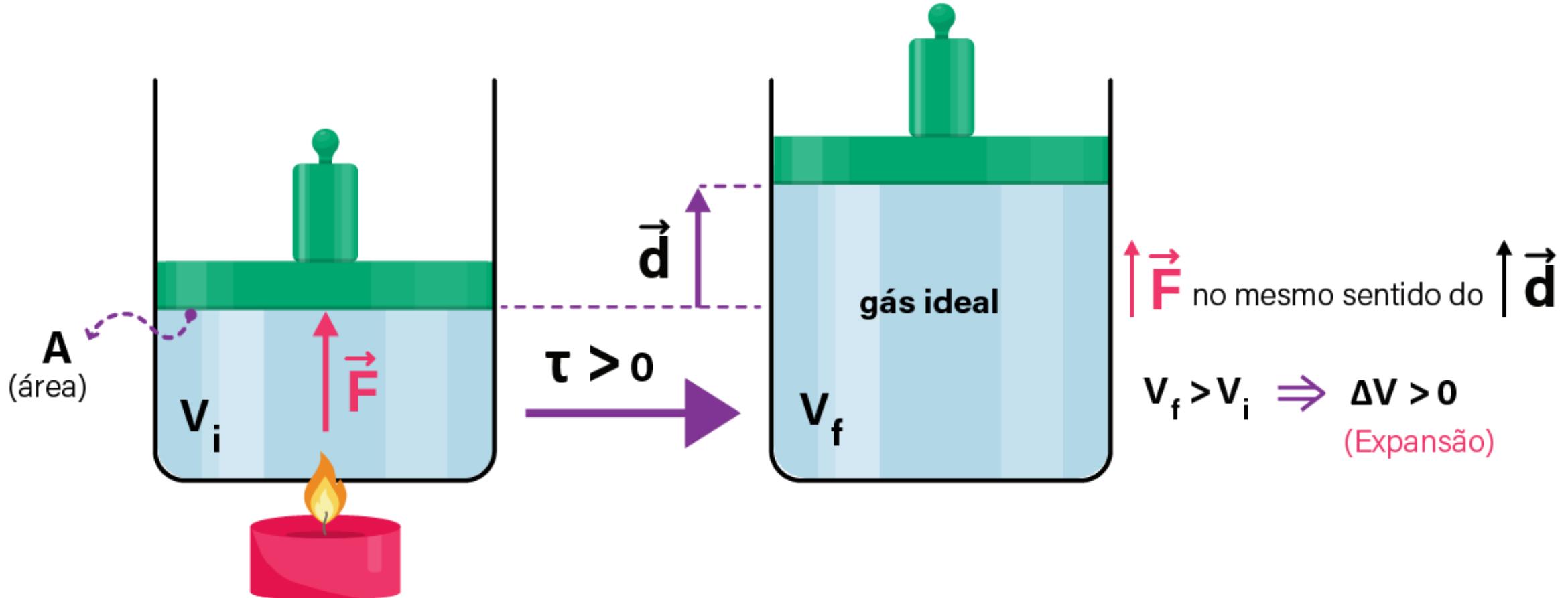


Ao receber energia de uma fonte externa, novas interações são estabelecidas entre as partículas do gás.

A introdução de novas partículas de gás no sistema altera a energia interna.



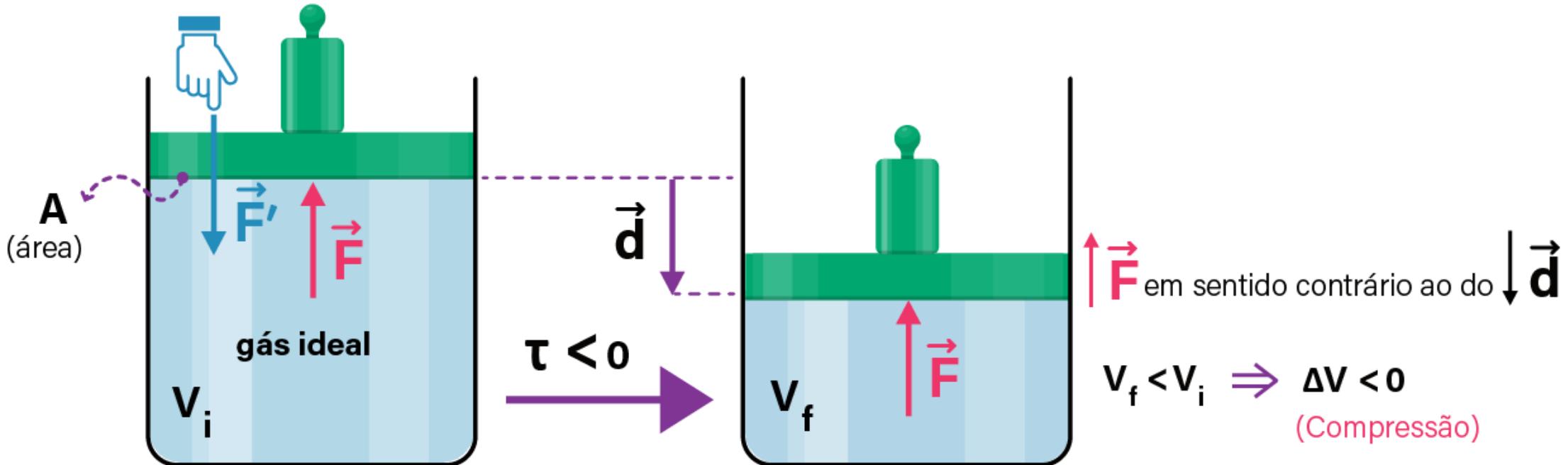
Trabalho realizado pelo gás



Trabalho realizado sobre gás

Considere inicialmente que $F' > F$. À medida que o gás é comprimido, a força F aumenta até que as intensidades das forças fiquem iguais. A partir deste instante, o êmbolo compeprime o gás com velocidade constante.

Trabalho realizado pelo gás



O trabalho na transformação isobárica

Nos últimos dois slides, vimos o trabalho em expansão e compressão gasosa. Por simplicidade, vamos considerar a expansão ou a compressão isobárica (pressão constante).

Para refletir

Queremos formalizar este trabalho em termos da pressão e do volume. Mas como?

DICA: o trabalho de uma força pode ser escrito como: $\tau = F \cdot d \cdot \cos\theta$

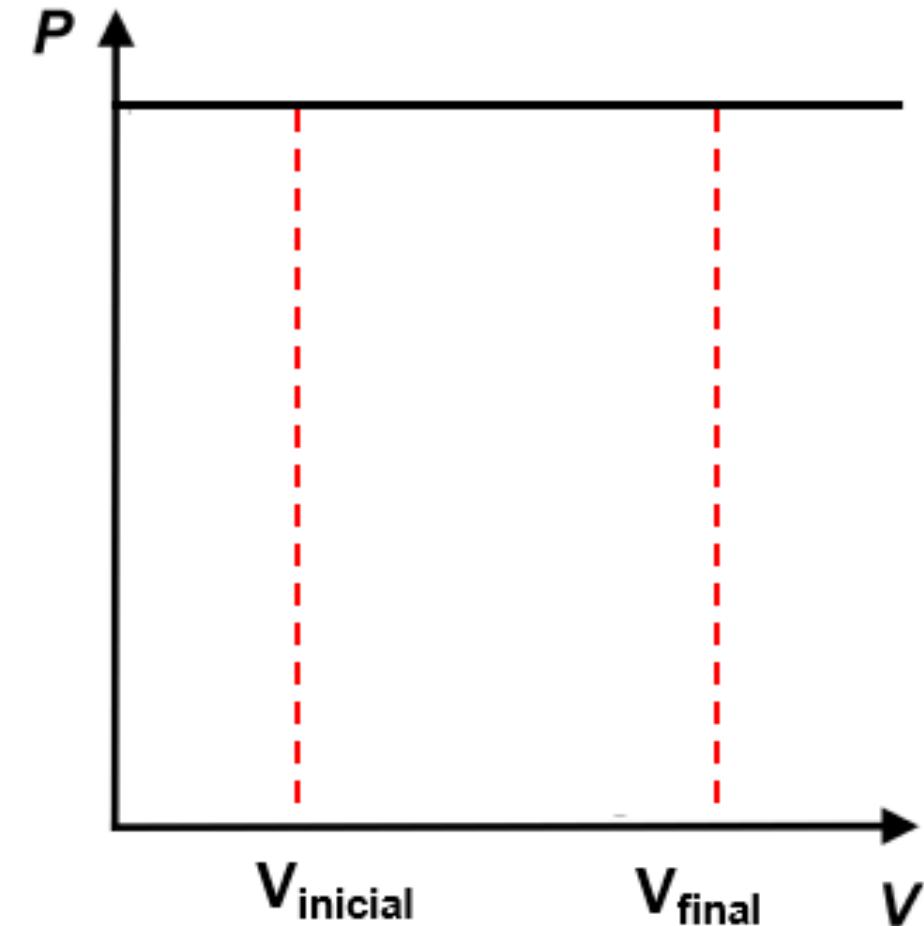
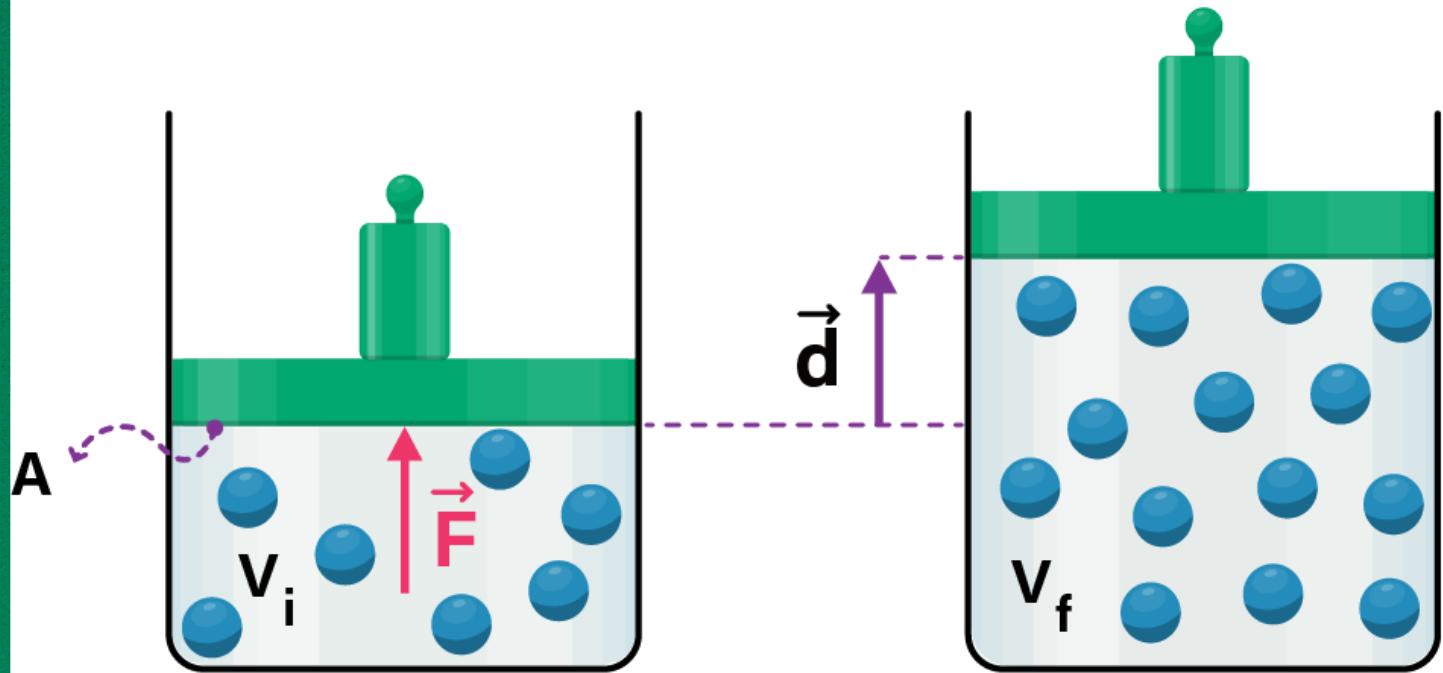


Diagrama acima apresenta uma transformação isobárica, isto é, o volume de um gás se modifica sob pressão constante.

Fonte: MAYYSKIY SERGEYY/WIKIMEDIA COMMONS, 2017.
Produzido pela SEDUC-SP.

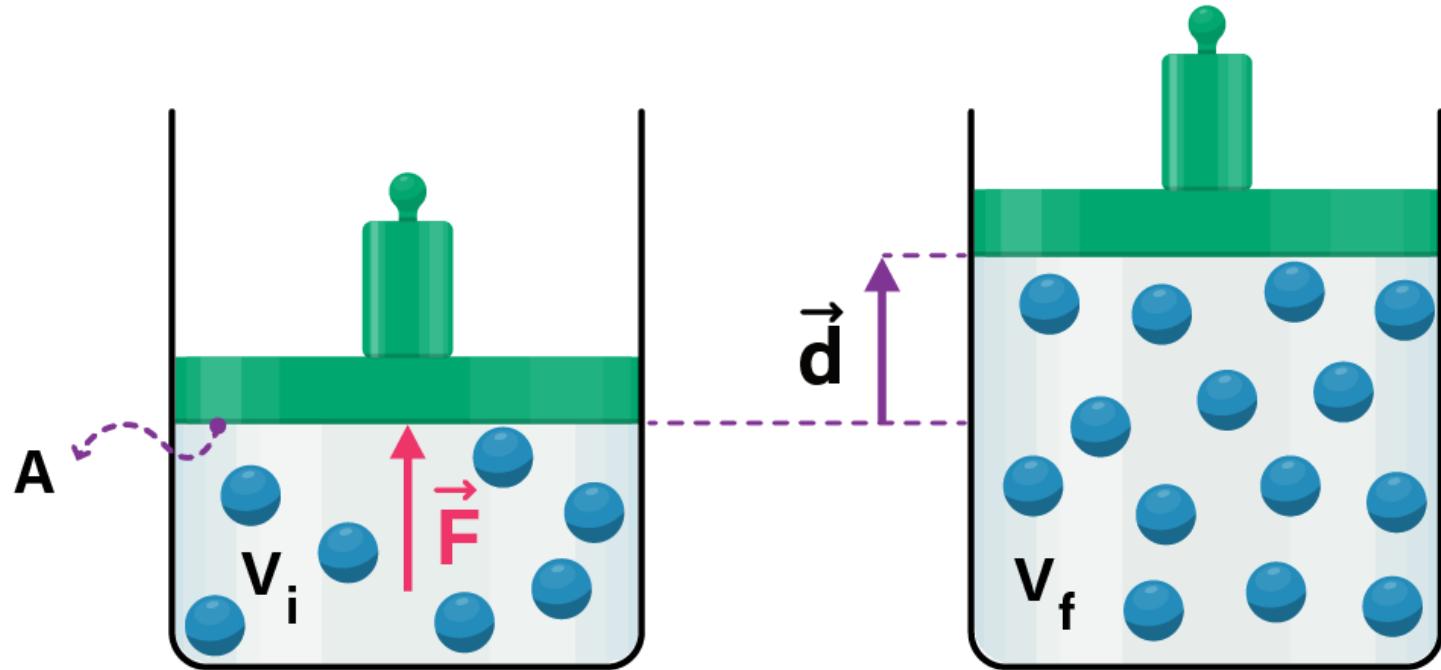
O trabalho na transformação isobárica



Tomemos este exemplo de expansão gasosa. Dado que a pressão é constante, de acordo com nosso modelo cinético, sabemos que está associado à força média F , também constante, que o gás exerce no êmbolo. Logo, o trabalho do gás pode ser escrito como

$\tau = F \cdot d \cdot \cos \theta$, porém F e d estão na mesma direção e sentido, portanto $\theta = 0$, logo $\tau = F \cdot d$. Mas lembramos que esta força está sendo exercida numa área superficial A do êmbolo.

O trabalho na transformação isobárica



Isto nos leva à pressão do gás:
 $P = \frac{F}{A}$, ou seja, $F = P \cdot A$. Logo, o trabalho exercido pelo gás será $\tau = P \cdot A \cdot d$. A expressão $A \cdot d$ é justamente a variação de volume do sistema. Portanto,

$$\tau = P \cdot \Delta V$$

Destaque

Para o trabalho em joule, a pressão deve ser escrita em $\text{Pa} = \text{N/m}^2$ e o volume em m^3 .

Foco no conteúdo

O trabalho na transformação isobárica

Como pudemos deduzir, o trabalho na transformação isobárica é dado por

$$\tau = P \cdot \Delta V$$

Note, pela figura ao lado, que podemos enxergar um retângulo, com um lado de valor P e outro lado de valor ΔV .

Comparando com a nossa expressão de trabalho, notamos que, para um gráfico P - V , o trabalho é justamente a área delimitada pela curva.

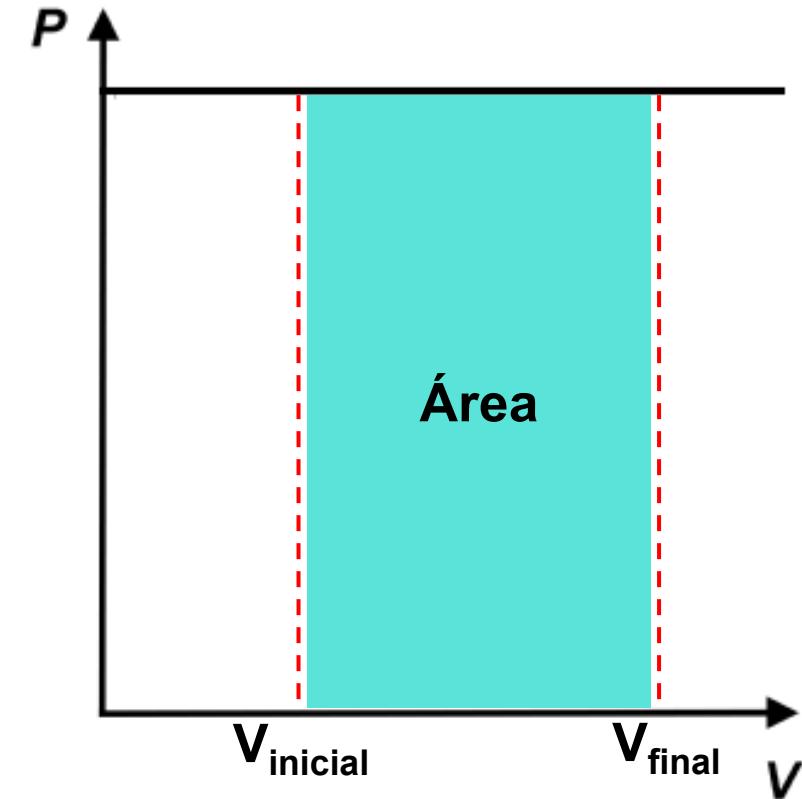


Diagrama acima apresenta uma transformação isobárica, isto é, o volume de um gás se modifica sob pressão constante.

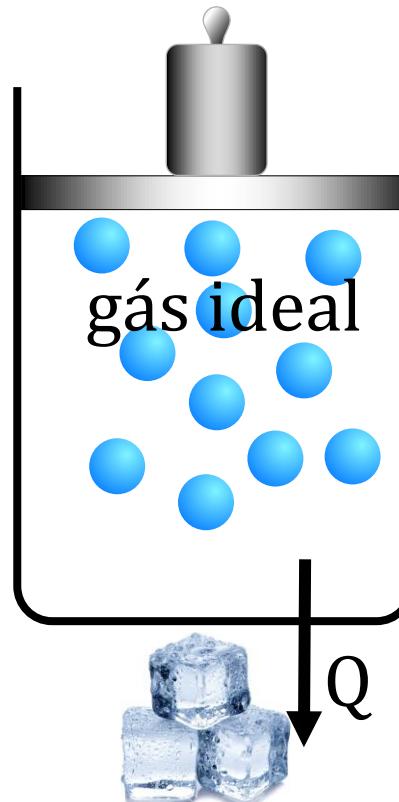
Fonte: MAYYSKIY SERGEYY/WIKIMEDIA COMMONS, 2017.
Produzido pela SEDUC-SP.

Continua

Convenção de sinais: calor recebido e cedido ao sistema



Calor recebido pelo sistema
 $Q > 0$



Calor cedido pelo sistema
 $Q < 0$

(IFRP 2015) Sob pressão constante de 2×10^5 Pa, certa quantidade de gás ideal se expande, passando do volume de 4 m^3 para 7 m^3 . Sabendo que essa transformação é uma transformação isobárica, quando a pressão é constante, o trabalho realizado por esse gás é em J de:

- A 2×10^5
- B 4×10^5
- C 6×10^5
- D 3×10^5
- E Nenhuma das alternativas anteriores.

TODO MUNDO ESCREVE



Correção:

- | | | | |
|---|--------------------------------------|---|--|
| A | 2 x 10 ⁵ | ✗ | Em uma transformação isobárica, o trabalho realizado pelo gás pode ser calculado pelo produto entre a pressão e a variação de volume do gás. |
| B | 4 x 10 ⁵ | ✗ | |
| C | 6 x 10 ⁵ | ✓ | |
| D | 3 x 10 ⁵ | ✗ | |
| E | Nenhuma das alternativas anteriores. | ✗ | |

$$\tau_{\text{gás}} = p \cdot \Delta V$$

$$\tau_{\text{gás}} = 2 \cdot 10^5 \cdot (7 - 4)$$

$$\tau_{\text{gás}} = 6 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Convenção de sinais: variáveis termodinâmicas

Variáveis termodinâmicas	Sinal positivo	Sinal negativo
Calor (Q)	Gás recebe calor	Gás cede calor
Trabalho (τ)	Expansão	Compressão
Variação da energia interna (ΔU)	Aumenta a temperatura	Diminui a temperatura

Encerramento

Realize uma breve pesquisa e, com suas próprias palavras, explique de que forma a energia cinética média das partículas de um gás ideal está relacionada à energia interna total desse gás. O que esses conceitos nos dizem sobre a temperatura do sistema?

5 minutos

COM SUAS PALAVRAS

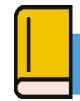


Referências

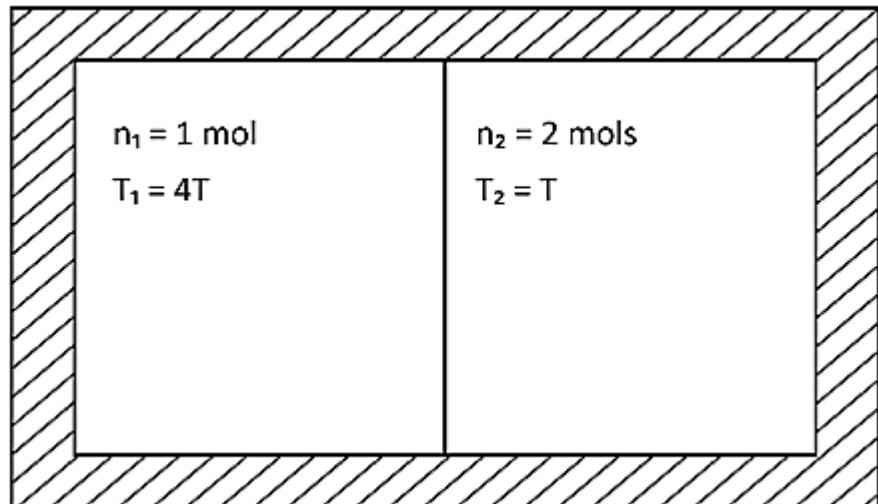
- BISCUOLA, G. J; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. Tópicos de Física, v. 2. São Paulo: Saraiva, 2012.
- FUNDAÇÃO UNIVERSITÁRIA PARA O VESTIBULAR (FUVEST). Vestibular, 2023. Prova de Conhecimentos Gerais, Prova X. Disponível em: https://www.fuvest.br/wp-content/uploads/fuvest2023_primeira_fase_prova_X.pdf. Acesso em: 16 set. 2024.
- KAZUHITO, Y.; FUKE, L. F. Física para o ensino médio, v. 2. São Paulo: Saraiva, 2016.
- MAYYSKIYYSERGEYY. Processo isobárico, isocórico e isotérmico em gás ideal. (CC BY-SA 4.0). Wikimedia Commons, 2017. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Isobaric,_isochoric_and_isothermal_process_in_ideal_gas.png. Acesso em: 16 set. 2024.
- PIETROCOLA, M. *et al.* Física: conceitos e contextos, v. 3. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.
- LEMOV, D. Aula nota 10: 49 técnicas para ser um professor campeão de audiência. São Paulo: Da Boa Prosa; Fundação Lemann, 2011.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Currículo Paulista: etapa Ensino Médio, 2020. Disponível em: https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/2023/02/CURR%C3%8DCULO-PAULISTA-etapa-Ensino-M%C3%A9dico_ISBN.pdf. Acesso em: 12 nov. 2024.
- Identidade visual: imagens © Getty Images.

Aprofundando

A seguir, você encontra uma seleção de exercícios extras, que ampliam as possibilidades de prática, de retomada e aprofundamento do conteúdo estudado.



(FUVEST 2023) Diversos processos na indústria de óleo e gás podem envolver misturas de gases a diferentes temperaturas. Um sistema isolado é composto por dois compartimentos de mesmo volume: o primeiro é ocupado por $n_1 = 1$ mol e o segundo é ocupado por $n_2 = 2$ mols de um gás ideal monoatômico. Inicialmente, cada compartimento encontra-se em equilíbrio térmico, com temperatura $T_1 = 4T$ e $T_2 = T$, respectivamente, conforme mostra a figura:



Note e adote:

A energia interna de um gás ideal monoatômico é dada por $U = 3nRT/2$, sendo n o número de mols, R a constante universal dos gases ideais e T a temperatura absoluta.

Aprofundando

A partir de certo instante, a parede que separa os compartimentos é removida e, após algum tempo, o sistema atinge uma nova temperatura de equilíbrio T_m . Supondo que não há trabalho realizado após a remoção da parede, nem troca de calor entre o sistema e o ambiente externo, a temperatura de equilíbrio T_m é dada por:

- A $T.$
- B $3T/2.$
- C $2T.$
- D $5T/2.$
- E $4T$

Aprofundando

Correção:

- A T. X
- B 3T/2. X
- C 2T. ✓
- D 5T/2. X
- E 4T X

$$U_1 = \frac{3 \cdot (1) \cdot R \cdot (4T)}{2} = 6R \cdot T$$

$$U_2 = \frac{3 \cdot (2) \cdot R \cdot (T)}{2} = 3R \cdot T$$

Agora, igualamos a energia total (soma das energias individuais) à relação envolvendo a temperatura de equilíbrio com o número total de mols (3).

$$U_1 + U_2 = \frac{3n \cdot R \cdot T_m}{2}$$

$$9R \cdot T = \frac{3 \cdot (3) \cdot R \cdot T_m}{2}$$

$$T_m = 2T$$

Secretaria da
Educação  SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO