



TEORIA CINÉTICA DOS GASES

Professor Danilo

Contextualizando

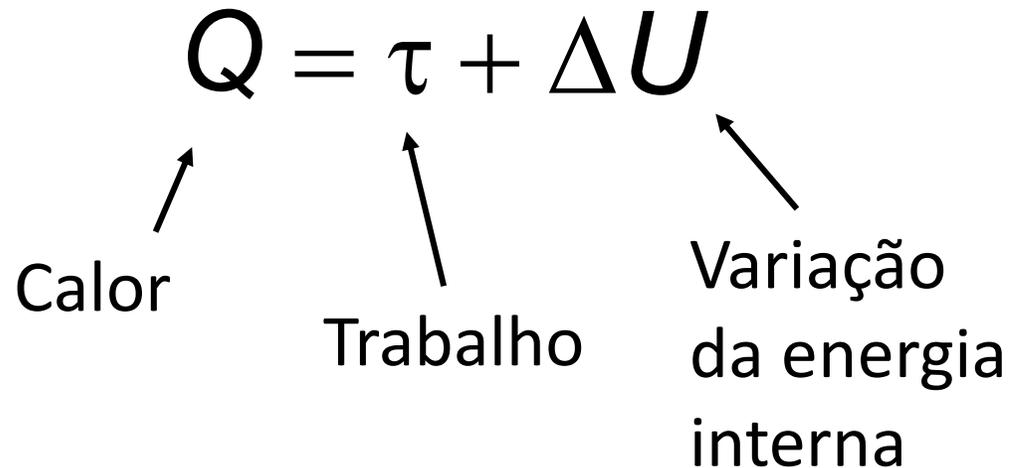
- Vamos iniciar o estudo da termodinâmica.
- A primeira lei da termodinâmica nos diz que

$$Q = \tau + \Delta U$$

Calor

Trabalho

Varição da energia interna

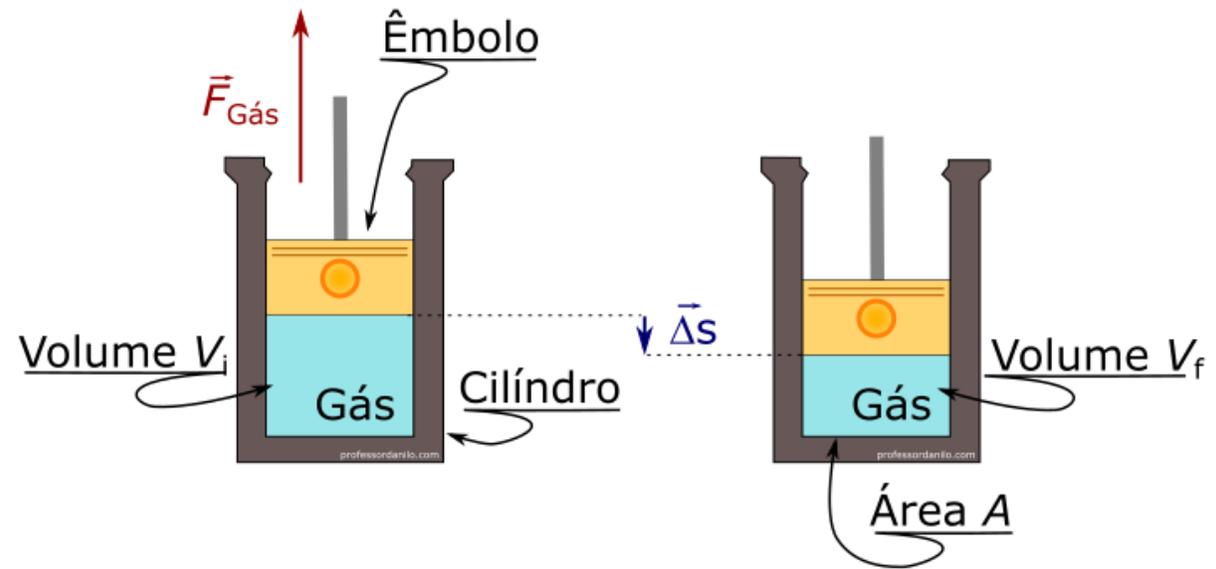


Em palavras: o calor fornecido para um gás pode ser usado para variar a energia interna ou usado pelo gás para realizar trabalho.

- Contudo, qualquer um dos três termos pode ser positivo ou negativo.

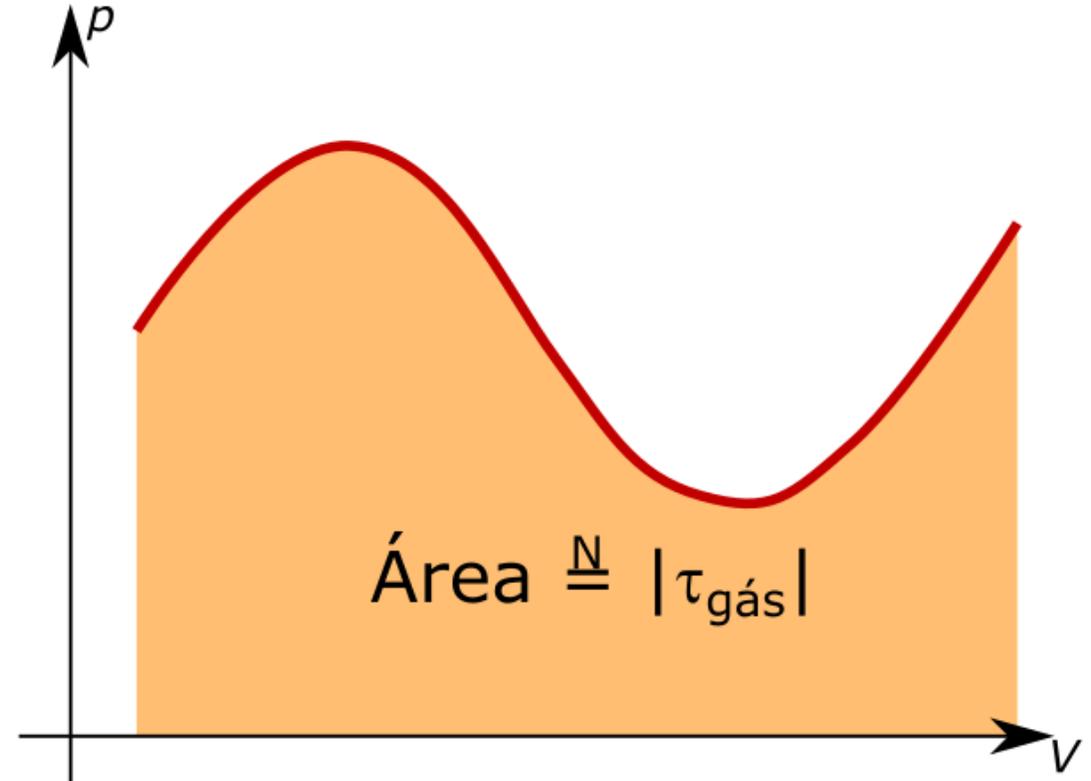
Trabalho de um gás

- Nesta aula, vamos ver o significado destas grandezas.
- Começamos pelo trabalho que um gás pode realizar.
 - Para facilitar, pensemos num gás contido em um cilindro e que sofra variação de seu volume.
- Lembre-se que a unidade de medida do trabalho é, no S.I., o joule.



Trabalho de um gás

- Note que o gás sempre realiza uma força para fora do recipiente.
- Para qualquer transformação gasosa, podemos determinar o trabalho de um gás através da área sob o diagrama p versus V .

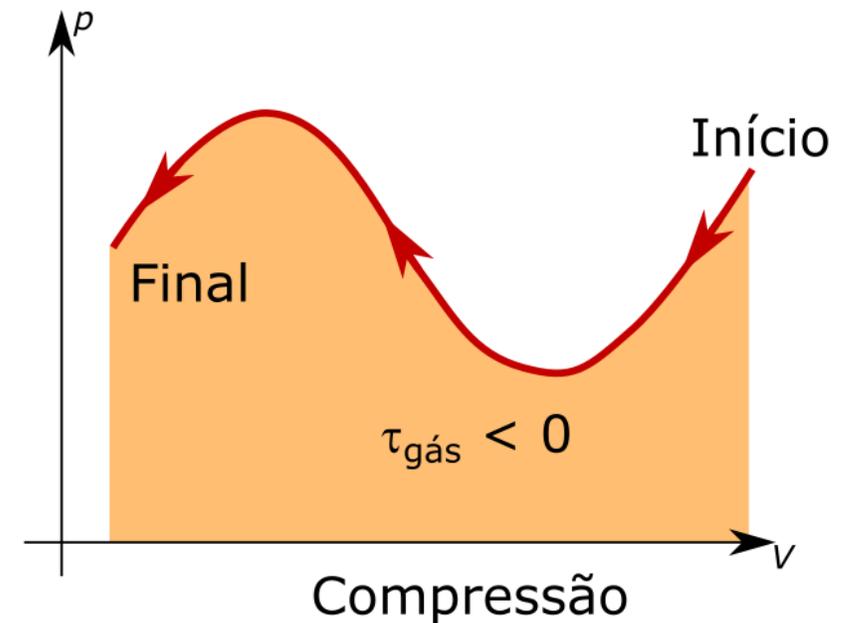
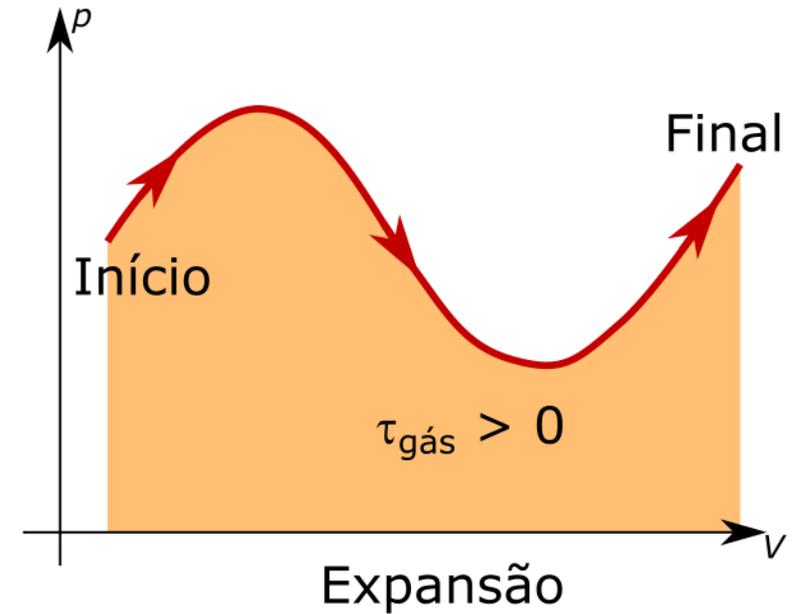


Trabalho de um gás

- O trabalho, no entanto, pode ser positivo ou negativo.
- Se o volume aumenta, o trabalho é positivo.
- Se o volume diminui, o trabalho é negativo.

$$\Delta V > 0 \Rightarrow \tau > 0$$

$$\Delta V < 0 \Rightarrow \tau < 0$$



Casos particulares

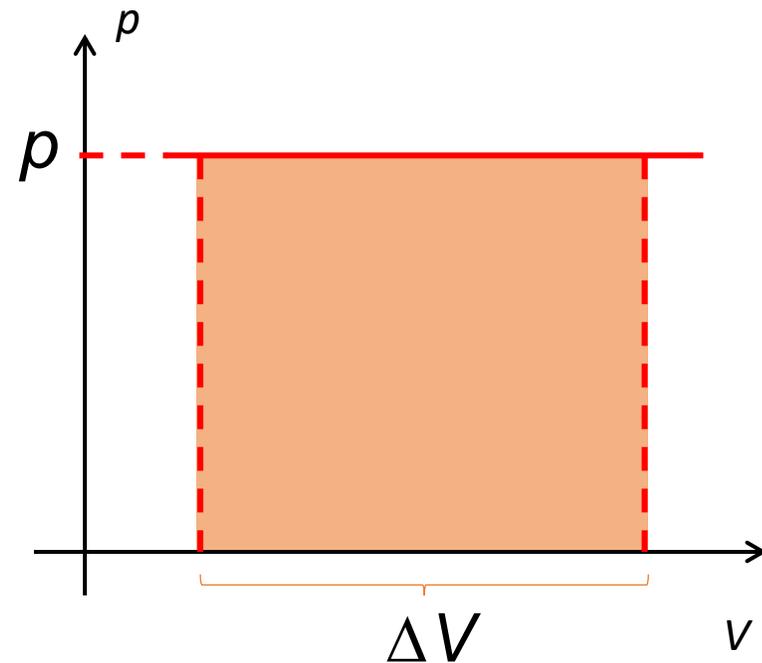
- Isotérmica
- Isocórica
- Isotérmica

Transformação Isobárica

- Uma transformação isobárica (pressão constante) é representada por uma reta horizontal quando representada no diagrama p versus V .
- O cálculo da área nos fornece:

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

$$p = cte$$

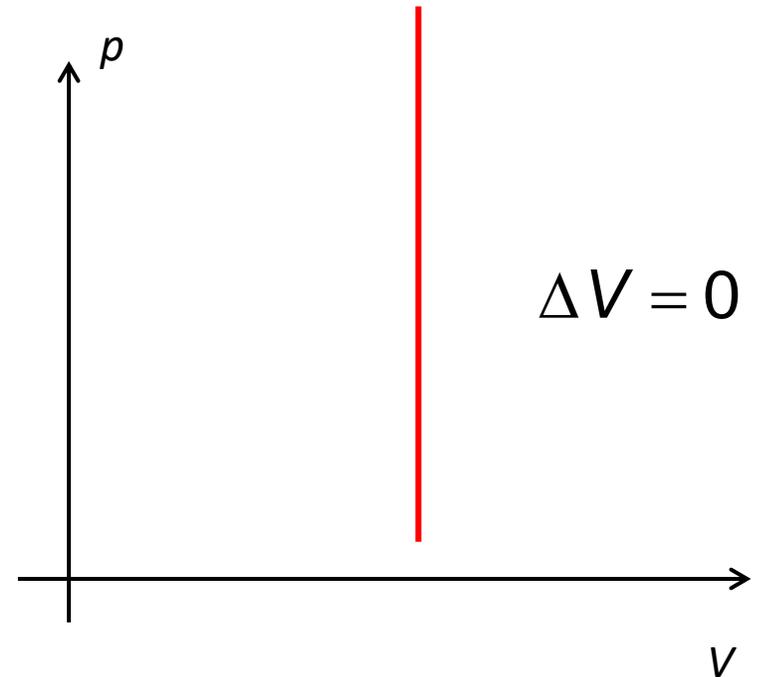


Transformação Isocórica

$$V = cte$$

- Uma transformação isocórica (ou isométrica ou isovolumétrica: volume constante) é representada por uma reta vertical quando representada no diagrama p versus V .
- A área sob o gráfico é nula:

$$\tau = 0$$

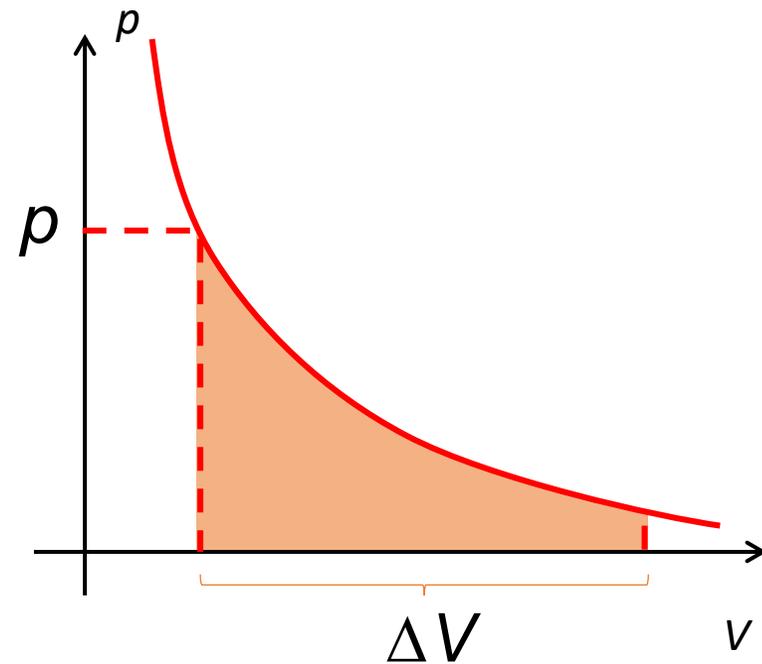


Transformação Isotérmica

$$T = cte$$

- Uma transformação isotérmica (temperatura constante) é representada por uma hipérbole quando representada no diagrama p versus V .
- A área sob o gráfico é obtida por cálculo integral e você **não** precisa decorar (UNICAMP, UNESP, FUVEST, ENEM):

$$\tau = n \cdot R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$



The diagram shows the equation for work τ done during an isothermal expansion of an ideal gas. The equation is centered on a light orange rectangular background. Six arrows point from text labels to the corresponding variables in the equation: τ (Trabalho), n (Número de mols), R (Constante dos gases ideais), T (Temperatura), V_f (Volume final), and V_i (Volume inicial). The natural logarithm function is also labeled as "Logaritmo natural (logaritmo de base $e = 2,718281828\dots$)".

$$\tau = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right)$$

Trabalho

Temperatura

Volume final

Volume inicial

Número de mols

Constante dos gases ideais

Logaritmo natural (logaritmo de base $e = 2,718281828\dots$)

Lembre-se:

- Estamos pensando em aplicar na primeira Lei da Termodinâmica.

$$Q = \tau + \Delta U$$

- Entendemos como calcular o trabalho.
- Mas, e o calor?

- Pense no calor simplesmente como sendo a energia térmica fornecida ou retirada de um gás.
- Falta então estudarmos a energia interna.

Energia interna

- A energia interna de um gás está relacionada com a sua temperatura.
 - Seja n o número de mols de um gás;
 - R a constante dos gases ideais;
 - T a temperatura do gás.

- A energia cinética total, associada ao movimento de translação das moléculas, é dada por:

$$E_{\text{cin translação}} = \frac{3}{2} nRT$$

- Além da energia cinética de translação, podemos falar em energia cinética de vibracional (gases triatômicos) ou energia cinética de rotação (gases diatômicos e triatômicos).

Gases monoatômicos

- Possui apenas energia de translação.
- Por isso, a energia interna total U está na forma de energia cinética:

$$U_{\text{monoatômico}} = \frac{3}{2} nRT$$

Gases diatômicos

- Possui energia de translação e rotação.

$$E_{\text{cin translação}} = \frac{3}{2}nRT$$

$$E_{\text{cin rotação}} = \frac{2}{2}nRT$$

- A energia interna total U é a soma de ambas:

$$U_{\text{diatômico}} = \frac{5}{2}nRT$$

Gases triatômicos

- Possui energia de translação, rotação e vibração.

$$E_{\text{cin translação}} = \frac{3}{2} nRT$$

$$E_{\text{cin rotação}} = \frac{2}{2} nRT$$

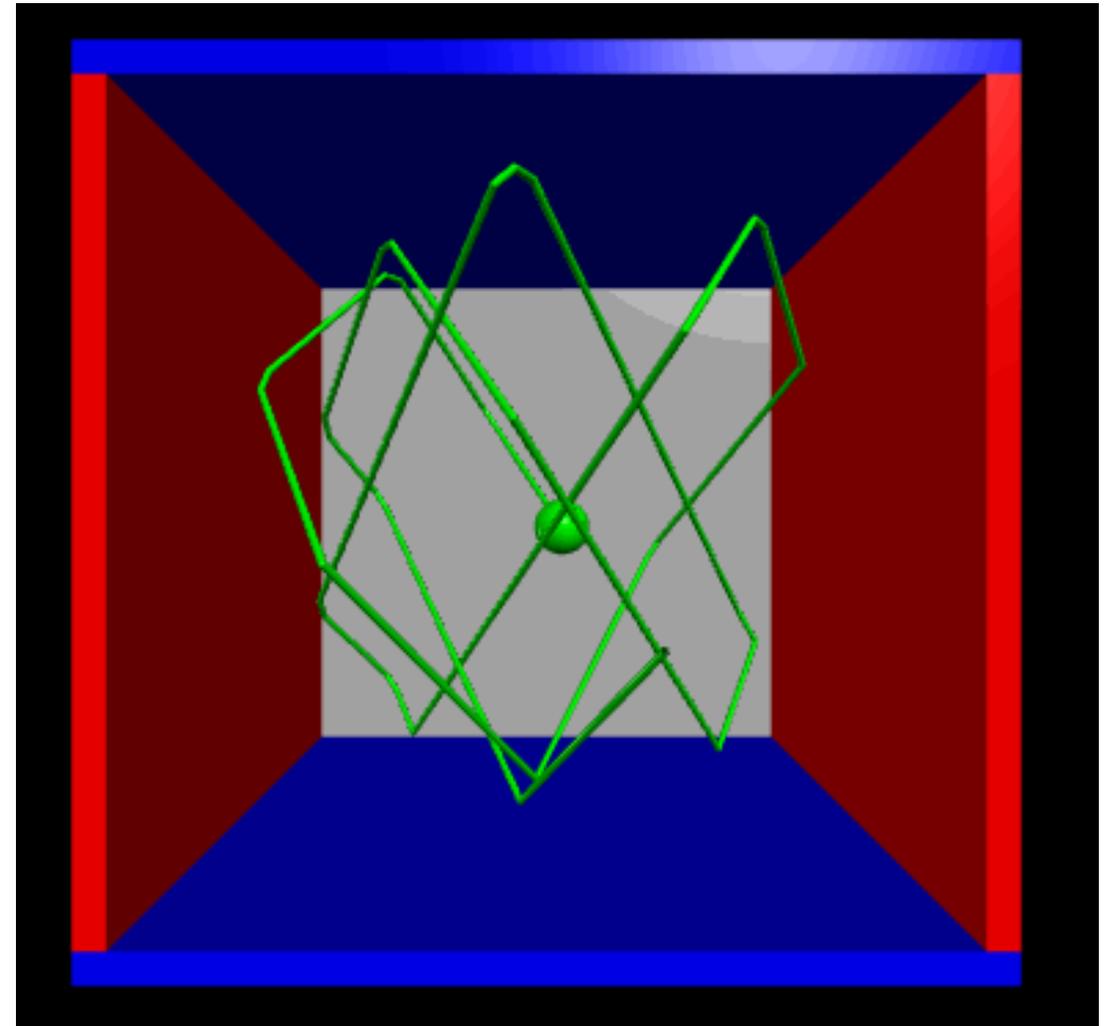
$$E_{\text{cin vibracional}} = \frac{2}{2} nRT$$

- A energia interna total U é a soma de todas estas formas de energia:

$$U_{\text{triatômico}} = \frac{7}{2} nRT$$

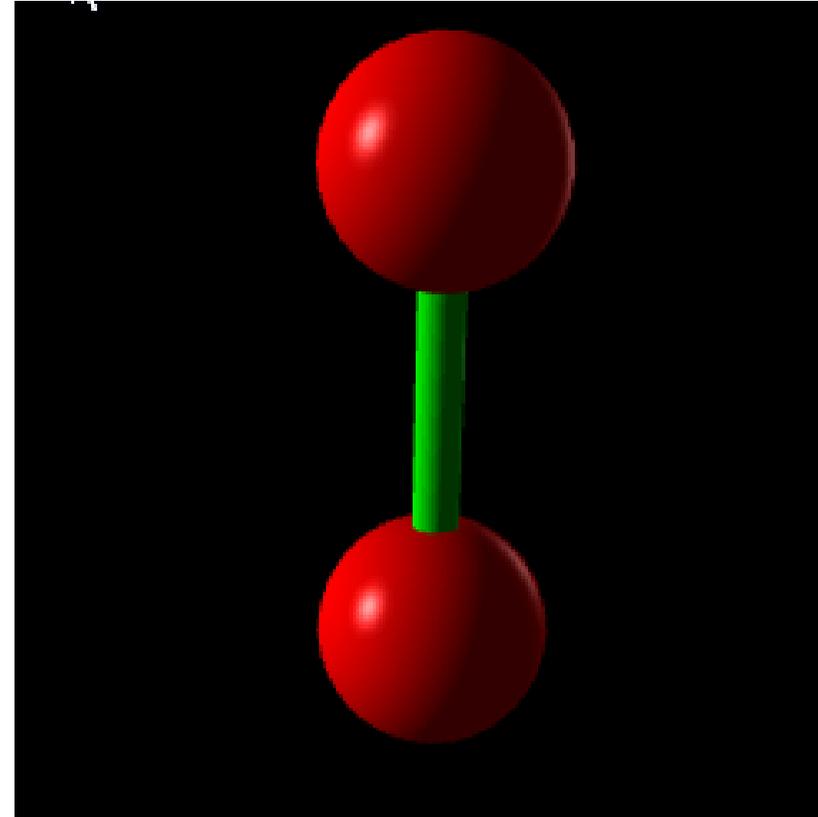
Graus de liberdade

- O grau de liberdade está associado ao número de direções independentes que devemos usar para descrever um determinado fenômeno.
- Por exemplo, como o movimento translacional das moléculas de um gás necessita de três eixos para ser descrito, dizemos que as moléculas possuem três graus de liberdade associados à translação.



Graus de liberdade

- Além dos três graus de translação, uma molécula diatômica possui três graus de liberdade de rotação.
- Uma molécula triatômica, além dos três graus de translação e dois de rotação, possui outros dois de translação.



Teorema da Equipartição de Energia

- À cada grau de liberdade, associamos $\frac{1}{2}nRT$ de energia interna.
- Veja um resumo na tabela ao lado.

$$E_{\text{cin rotação}} = \frac{2}{2}nRT$$

$$E_{\text{cin vibracional}} = \frac{2}{2}nRT$$

Atomicidade	Graus de liberdade	Energia Interna total U
Monoatômico	3	$\frac{3}{2}nRT$
Diatômico	5	$\frac{5}{2}nRT$
Triatômico	7	$\frac{7}{2}nRT$

Voltando ao começo

Trabalho: descobrimos calculando a área da curva no diagrama p versus V .

$$Q = \tau + \Delta U$$

Calor

Varição da energia interna

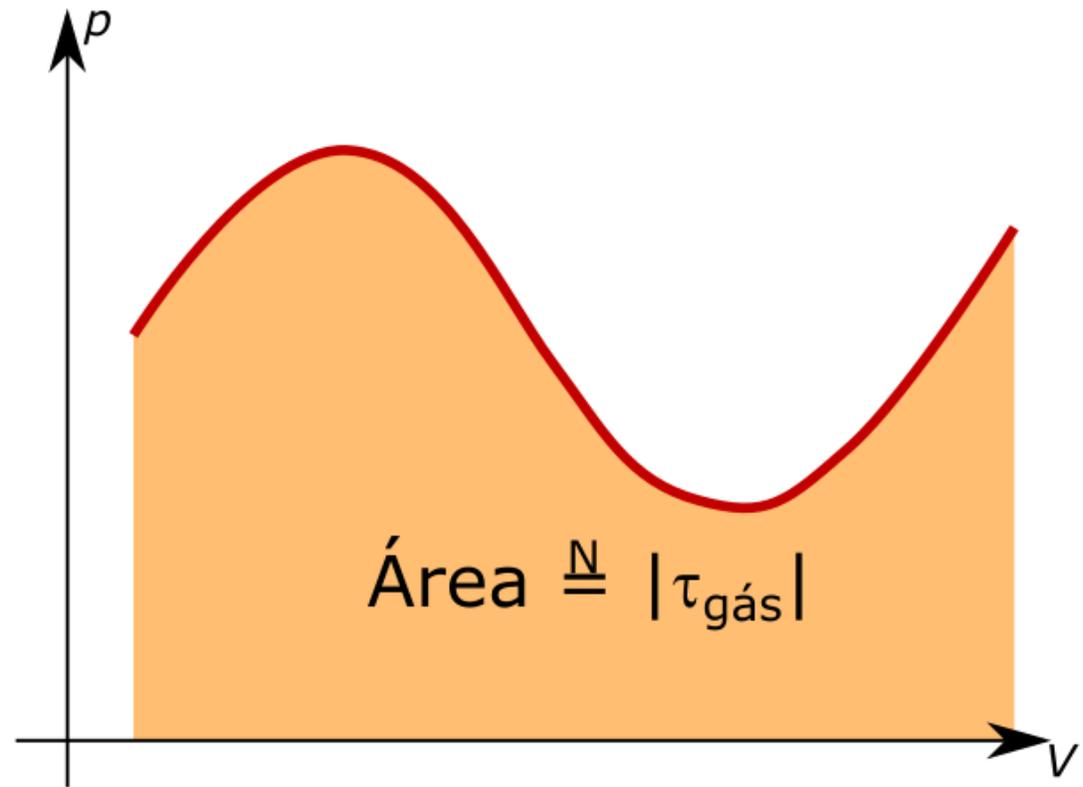
Graus de liberdade do gás em estudo

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

Gás monoatômico é o mais importante

- Geralmente trabalhamos com gás monoatômico.
- Por isso, guarde as seguintes informações:
 - Trabalho: descobrimos calculando a área da curva no diagrama p versus V .
 - Para um gás monoatômico:

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



Aprofundamento

- A folhinha que o professor te passou, apresenta algumas informações extras que o professor irá abordar em lousa.
- Lá, há demonstrações que **não** serão feitas na lousa, mas apenas comentadas.
- Acompanhando o material, é possível entender como relacionar grandezas micro (velocidade, por exemplo) com macro (volume, pressão, temperatura e número de mols).

ATENÇÃO

- Ainda não começamos a primeira lei da termodinâmica.
- Ela apenas foi apresentada para que você entenda qual a razão de aprendermos sobre trabalho de um gás e sobre energia interna.
- Continuaremos na lousa a partir de agora.