Primeira Lei da Termodinâmica

Flaviano Williams Fernandes

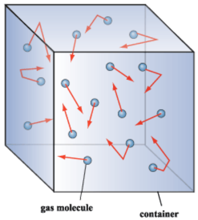
Instituto Federal do Paraná
Campus Irati

21 de Outubro de 2020

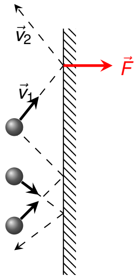
Sumário

Comportamento das moléculas em uma câmara fechada

As moléculas de um gás colidem várias vezes com as paredes do recipiente, e a cada colisão as moléculas exercem uma força $\vec{F}$ nas paredes e também no pistão.



Recipiente contendo gás ideal.



Moléculas colidindo com as paredes do recipiente.

Trabalho realizado por um gás

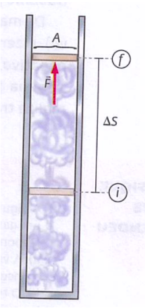
A força que o gás exerce no pistão realiza um trabalho τ sobre ele, deslocando-o para cima por uma distância ΔS, segundo a relação

$$\tau = F \cdot \Delta S.$$

Mas $F = pA$, sendo A a área do pistão, portanto

$$\tau = p\overbrace{A\Delta S}^{\Delta V},$$

$$\boxed{\tau = p\Delta V.}$$

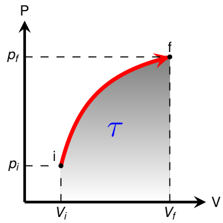


Aumento ΔV do volume do câmara devido ao trabalho τ realizado pelo gás.

Diagrama pressão versus volume

Se a pressão e o volume podem variar durante uma transformação termodinâmica, podemos representar essa transformação que ocorre do estado i para o estado f em um diagrama pressão versus volume.

Na mecânica determinamos o trabalho realizado por uma força sabendo a área abaixo da curva. Podemos proceder da mesma maneira para calcular o trabalho associado a um gás num gráfico pressão x volume.

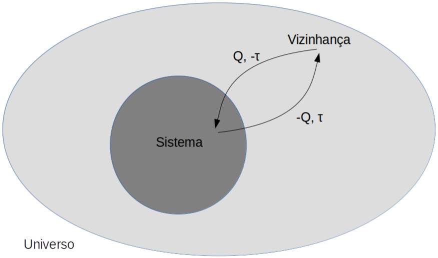


Trabalho realizado de i até f.

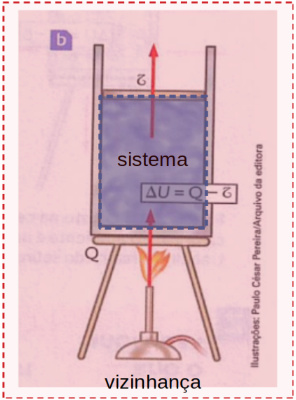
Corollary

O trabalho τ de um gás no diagrama pressão versus volume é a área da figura abaixo da curva (positivo ou negativo dependendo do sentido da transformação).

O que são sistema, vizinhança e universo?



Representação de sistema, vizinhança e universo



Exemplo de sistema e vizinhança.

Convenção de sinais de calor e trabalho na termodinâmica

Convenção de sinais do calor

Se o sistema recebe calor da vizinhança então Q é positivo.

Se o sistema cede calor para a vizinhança então Q é negativo.

Convenção de sinais do trabalho

Se o trabalho está sendo realizado sobre o sistema então τ é negativo.

Se o sistema realiza trabalho sobre a vizinhança então τ é positivo.

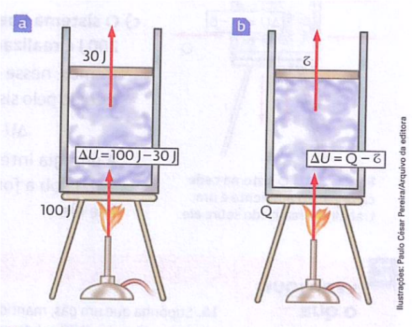
Primeira Lei da Termodinâmica e a Lei da conservação da energia

Quando um sistema vai de um estado i para o estado f e troca energia com a vizinhança, a sua energia interna aumenta ou diminui e a sua variação é dado por

$$\Delta U = U_f - U_i = Q.$$

Se ele ao mesmo tempo realizar trabalho τ, ou trabalho for feito sobre ele, a quantidade de energia interna que ele recebe ou cede é dado por

$$\boxed{\Delta U = Q - \tau.}$$



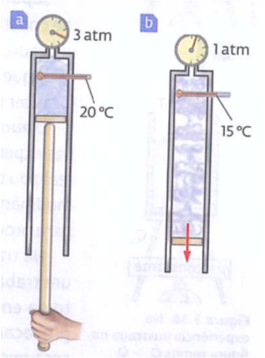
Exemplo de aplicação da primeira Lei da Termodinâmica.

Transformação adiabática

Na transformação adiabática o sistema não troca calor com a vizinhança, portanto Q = 0. A variação da energia interna do gás é dado por

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

$$\boxed{\Delta U = -\tau.}$$



Exemplo de transformação adiabática.

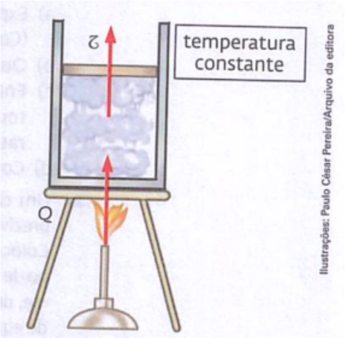
Transformação isotérmica

Na transformação isotérmica, a temperatura do sistema não muda e a energia de um gás depende somente da temperatura T, ou seja,

$$U(T) = \frac{3}{2} N k_B T,$$

portanto $\Delta U = 0$. Pela Primeira Lei da Termodinâmica temos

$$Q - \tau = \Delta U,$$
$$Q - \tau = 0,$$
$$\boxed{Q = \tau.}$$



Exemplo de transformação isotérmica.

Transformação isovolumétrica

Na transformação isovolumétrica (ou isocórica), o volume do sistema não muda, portanto

$$\Delta V = 0.$$

Mas o trabalho associado a um gás é igual a $p\Delta V$, portanto $\tau = 0$. Pela Primeira Lei da Termodinâmica temos

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

$$\boxed{\Delta U = Q.}$$

Exemplo de transformação isocórica.

Transformar um número em notação científica

Corollary

Passo 1: *Escrever o número incluindo a vírgula.*

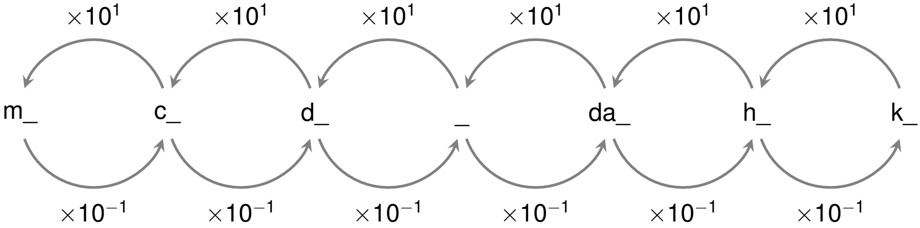
Passo 2: *Andar com a vírgula até que reste somente um número diferente de zero no lado esquerdo.*

Passo 3: *Colocar no expoente da potência de 10 o número de casas decimais que tivemos que "andar"com a vírgula. Se ao andar com a vírgula o valor do número diminuiu, o expoente ficará positivo, se aumentou o expoente ficará negativo.*

Exemplo

$$6\ 590\ 000\ 000\ 000\ 000,0 = 6{,}59 \times 10^{15}$$

Conversão de unidades em uma dimensão



$$1\ \text{mm} = 1 \times 10^{(-1)\times 2}\ \text{dm} \rightarrow 1 \times 10^{-2}\ \text{dm}$$

$$2,5\ \text{kg} = 2,5 \times 10^{(1)\times 6}\ \text{mg} \rightarrow 2,5 \times 10^{6}\ \text{mg}$$

$$10\ \text{ms} = 10 \times 10^{(-1)\times 3}\ \text{s} \rightarrow 10 \times 10^{-3}\ \text{s}$$

Conversão de unidades em duas dimensões

$$
\begin{tikzcd}[column sep=large]
\text{m\_}^2 \arrow[r, bend right, "\times 10^{-2}"'] & \text{c\_}^2 \arrow[l, bend right, "\times 10^{2}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-2}"'] & \text{d\_}^2 \arrow[l, bend right, "\times 10^{2}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-2}"'] & \text{\_}^2 \arrow[l, bend right, "\times 10^{2}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-2}"'] & \text{da\_}^2 \arrow[l, bend right, "\times 10^{2}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-2}"'] & \text{h\_}^2 \arrow[l, bend right, "\times 10^{2}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-2}"'] & \text{k\_}^2 \arrow[l, bend right, "\times 10^{2}"']
\end{tikzcd}
$$

$$1\ \text{mm}^2 = 1 \times 10^{(-2)\times 2}\ \text{dm}^2 \rightarrow 1 \times 10^{-4}\ \text{dm}^2$$

$$2,5\ \text{m}^2 = 2,5 \times 10^{(2)\times 3}\ \text{mm}^2 \rightarrow 2,5 \times 10^{6}\ \text{mm}^2$$

$$10\ \text{ms}^2 = 10 \times 10^{(-2)\times 3}\ \text{s}^2 \rightarrow 10 \times 10^{-6}\ \text{s}^2$$

Conversão de unidades em três dimensões

$$
\begin{tikzcd}[column sep=large]
\text{m\_}^3 \arrow[r, bend right, "\times 10^{-3}"'] & \text{c\_}^3 \arrow[l, bend right, "\times 10^{3}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-3}"'] & \text{d\_}^3 \arrow[l, bend right, "\times 10^{3}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-3}"'] & \text{\_}^3 \arrow[l, bend right, "\times 10^{3}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-3}"'] & \text{da\_}^3 \arrow[l, bend right, "\times 10^{3}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-3}"'] & \text{h\_}^3 \arrow[l, bend right, "\times 10^{3}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-3}"'] & \text{k\_}^3 \arrow[l, bend right, "\times 10^{3}"']
\end{tikzcd}
$$

$$1\ \text{mm}^3 = 1 \times 10^{(-3)\times 2}\ \text{dm}^3 \to 1 \times 10^{-6}\ \text{dm}^3$$

$$2,5\ \text{m}^3 = 2,5 \times 10^{(3)\times 3}\ \text{mm}^3 \to 2,5 \times 10^{9}\ \text{mm}^3$$

$$2,5\ \text{km}^3 = 2,5 \times 10^{(3)\times 6}\ \text{mm}^3 \to 2,5 \times 10^{18}\ \text{mm}^3$$

Alfabeto grego

Alfa	A	α
Beta	B	β
Gama	Γ	γ
Delta	Δ	δ
Epsílon	E	ϵ, ε
Zeta	Z	ζ
Eta	H	η
Teta	Θ	θ
Iota	I	ι
Capa	K	κ
Lambda	Λ	λ
Mi	M	μ
Ni	N	ν
Csi	Ξ	ξ
ômicron	O	o
Pi	Π	π
Rô	P	ρ
Sigma	Σ	σ
Tau	T	τ
Ípsilon	Υ	υ
Fi	Φ	ϕ, φ
Qui	X	χ
Psi	Ψ	ψ
Ômega	Ω	ω

Referências e observações[1]

A. Máximo, B. Alvarenga, C. Guimarães, Física. Contexto e aplicações, v.2, 2.ed., São Paulo, Scipione (2016)

Esta apresentação está disponível para download no endereço
https://flavianowilliams.github.io/education

[1] Este material está sujeito a modificações. Recomenda-se acompanhamento permanente.