

Revisão:

Expansão $\alpha = \frac{1}{L} \frac{dL}{dT}$ coef. de expansão linear

$\beta = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT}$ coef. de expansão volumétrica
 $\beta = \alpha_x + \alpha_y + \alpha_z$ se isotrópico $\beta = 3\alpha$

Condução $i = \frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx}$ $A = \text{área transversal}$ $0 \rightarrow 10^4$
 $i [J/s]$ $k = \text{coef. de condutividade térmica}$
 $\rightarrow$ gradiente de temperatura $[K/m = ^\circ C/m]$

$$40 K/m = 40 ^\circ C/m$$

$$273K \text{ ————— } 313K \quad \Delta T = 40K$$

$$0^\circ C \text{ ————— } 40^\circ C \quad \Delta T = 40^\circ C$$

$\Delta T = iR$ onde $R = \frac{\Delta x}{kA}$ é uma característica do material.

Radiação $P = e\sigma AT^4$ $A = \text{área superficial}$
 constante de Stefan $\Rightarrow \sigma = 5,67 \times 10^{-8} W/m^2 \cdot K$
 $e = 0 \text{ até } 1 = \text{emissividade.}$

Gás de van der Waal (modelo para o gás real)

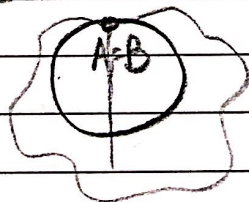
$$\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - bn) = nRT$$

bea são
constantes que caracte-
rizam o gás.

Entropia $S = \text{é uma função de estado}$

Estado inicial A e estado final B $\Rightarrow \Delta S = S_B - S_A$

Ciclo $\Rightarrow A=B \Rightarrow \Delta S_{AB} = 0$



Definição $dS = \frac{dQ_{rev}}{T}$

$\Delta S_{AB} > 0$ aumentou desordem
 $\Delta S_{AB} = 0$ ficou igual
 $\Delta S_{AB} < 0$ diminuiu a desordem

Sistema termodinâmico é composto por partes de nos interessam, podendo ser um sistema aberto ou fechado.

Sistema aberto = a parte do nosso interesse ganha ou perde calor de um elemento externo desconhecido (chamado de reservatório).

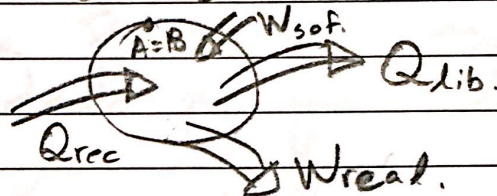
Exemplo: máquina térmica

$$\Delta S > 0$$

$$< 0$$

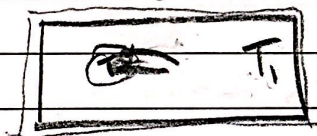
$$= 0$$

sistema aberto
é uma parte
do universo



Sistema fechado = todas as partes do sistema que nos interessam realizam troca de calor e trabalho entre si.

Exemplo:



2 corpos: um quente
+ um frio

Podendo uma delas
ser um reservatório,
se for infinitamente
maior que o outro.

O sistema fechado = universo

$$\Delta S_{\text{uni}} = \Delta S_1 + \Delta S_2$$

se: $1 \gg 2$

1 é um reservatório
($T_1 = \text{const}$)

2ª Lei da termodinâmica

$$\Delta S_{\text{univ}} \geq 0$$

> 0 processos irreversíveis

$= 0$ " reversíveis

van der Waals

$$\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

 $a (\text{L}^2 \cdot \text{atm} / \text{mol}^2)$ $b (\text{mL} / \text{mol})$

ideal

$PV = nRT$

He

0,0346

23,80

Ne

1,370

38,70

H₂O

5,46

 $30,5 = 30,5 \times 10^{-3} \text{ L/mol}$ $R \approx 0,083 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ Exercício: $n = 4 \text{ mol}$ $V = 2 \text{ L}$ e $P = 1 \text{ atm}$ H₂Oa) Calcular T usando o modelo de gás ideal e gás real?

Ideal $\Rightarrow T = \frac{PV}{nR} = \frac{1 \times 2}{4 \times 0,083} = 6 \text{ K}$ gás ideal

Real $\Rightarrow T = \frac{1}{nR} \left(P + \frac{an^2}{V^2} \right) (V - nb) = \frac{1}{4 \times 0,083} \left(1 + \frac{5,46 \times 4^2}{2^2} \right) (2 - 4 \times 30,5 \times 10^{-3})$

$T = \frac{22,84 \times 1,878}{0,332} = 129 \text{ K}$ gás real

b) Trabalho isotérmico $\Rightarrow T = 150 \text{ K}$ $V = 2 \text{ L}$ a 4 L
gás ideal e gás real. $n = 4 \text{ mol}$ H₂O

$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV \Rightarrow W_{id} = nRT \int \frac{dV}{V} = nRT \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right)$

$W_{id} = nRT \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right) = 4 \times 8,3 \times 150 \ln \left(\frac{4}{2} \right) = 3452 \text{ J} = W_{id}$

real $P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2}$ $W_{vdw} = \int_{V_i}^{V_f} \left(\frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2} \right) dV$

$W_{vdw} = nRT \int_{V_i}^{V_f} \frac{1}{V - nb} dV - an^2 \int_{V_i}^{V_f} \frac{1}{V^2} dV = nRT \ln \left(\frac{V_f - nb}{V_i - nb} \right) + an^2 \left(\frac{1}{V_f} - \frac{1}{V_i} \right)$

$V_f = V - nb$

$dV = dV$ $W_{vdw} = 4 \times 8,3 \times 150 \ln \left(\frac{4 - 0,122}{2 - 0,122} \right) + 5,46 \times 4^2 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{2} \right) = 3611 - 22$

$W_{vdw} = 3589 \text{ J}$

Exercício: Um copo com 250 g de água a uma temperatura de 10°C colocada numa mesa cuja temperatura ambiente é de 25°C . Quanto tempo a água deste copo leva para atingir a temperatura ambiente?

Sabendo que o copo tem 8 cm^3 de diâmetro e que a densidade da água é de 1 g/cm^3

$$P = e \sigma A T^4$$

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

1) Calcular a área superficial (m^2).

$e = 0,96$ emissividade da água, e $c = 4,18 \text{ kJ/kg} = 4,18 \text{ J/g}$

$$r = d/2 = 4\text{ cm} = 4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\rho = \frac{1\text{ g}}{\text{cm}^3} = \frac{250\text{ g}}{250\text{ cm}^3}$$



$$A_{\text{base}} = \pi r^2$$

$$A_{\text{lateral}} = 2\pi r h$$

$$A_{\text{cilindro}} = 2\pi r(r+h)$$

$$250\text{ cm}^3 = 250 (10^{-2}\text{ m})^3 = 250 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 250\text{ cm}^3 = 0,25 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$h = \frac{V}{\pi r^2} = \frac{0,25 \times 10^{-3}}{\pi \times 16 \times 10^{-4}} = \frac{25}{16\pi} = 49,7 \times 10^{-3} \text{ m} = 4,97 \text{ cm}$$

$$A_{\text{copo}} = 2\pi \times 4 \times 10^{-2} (4 \times 10^{-2} + 4,97 \times 10^{-2}) = 8\pi \times 8,97 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{\text{copo}} = 225,44 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$P = \frac{|Q|}{\Delta t} = e \sigma A (T^4 - T_0^4)$$

$$T = 298\text{ K} \quad T_0 = 283\text{ K}$$

$$P = \frac{|Q|}{\Delta t} = 0,96 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 225,44 \times 10^{-4} (298^4 - 283^4)$$

$$(7886 \times 10^8 - 64,14 \times 10^8)$$

$$P = \frac{|Q|}{\Delta t} = 12\,26,89 \times 10^{-4} \times 14,76 = 0,1226 \times 14,76 = 1,80 \text{ W}$$

$$W = \text{J/s}$$

O copo com água ganhará $1,8\text{ J}$ a cada segundo.

$$Q = mc \Delta T = 250 \times 4,18 \times 15 = 15675 \text{ J}$$

$$\Delta t = \frac{|Q|}{P} = \frac{15675}{1,8} = 8708 \text{ s} \approx 2\text{ h } 25\text{ min}$$