

Aula de hoje: 1) Expansão; 2) Condução; 3) Radiação;
4) Gás real (Eq. de van der Waals)

1) Expansão Linear

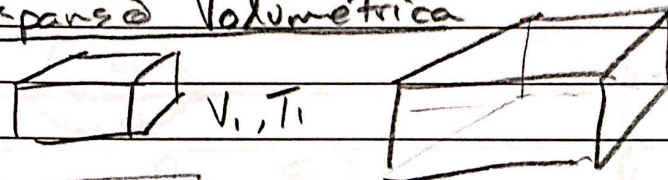


L_1, T_1 $\Delta T = (T_2 - T_1)$
 L_2, T_2 $\Delta L = L_2 - L_1$

$\frac{\Delta L}{L} = \alpha \Delta T$ $\alpha = \text{coeficiente de expansão linear}$

$\lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{dL}{L} = \alpha dT \Rightarrow \boxed{\alpha = \frac{1}{L} \frac{dL}{dT}}$ $\alpha [1/K]$

Expansão Volumétrica



V_1, T_1 V_2, T_2 $V = L_x L_y L_z$

$\frac{\Delta V}{V} = \beta \Delta T$ $\lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{dV}{V} = \beta dT$

$\boxed{\beta = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT}}$ $\frac{1}{V} dV = \frac{dL_x \cdot L_y \cdot L_z + L_x dL_y \cdot L_z + L_x L_y dL_z}{L_x L_y L_z} = \frac{dL_x}{L_x} + \frac{dL_y}{L_y} + \frac{dL_z}{L_z}$

$\beta = \frac{1}{L_x} \frac{dL_x}{dT} + \frac{1}{L_y} \frac{dL_y}{dT} + \frac{1}{L_z} \frac{dL_z}{dT} \Rightarrow \beta = \alpha_x + \alpha_y + \alpha_z = \text{coef. de expansão volumétrica}$

Se o material for isotrópico $\alpha_x = \alpha_y = \alpha_z \Rightarrow \beta = 3\alpha$

Tensão provocada por expansão $\gamma = \frac{\text{Tensão}}{\text{Deformação relativa}} = \frac{F/A}{\Delta L/L}$

$\gamma = \text{coef. de Young}$

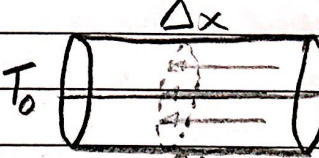
$\frac{F}{A} = \gamma \frac{\Delta L}{L} = \gamma \alpha \Delta T$



$\gamma [N/m^2]$ $\boxed{\frac{F}{A} = \gamma \alpha \Delta T}$

2) Condução de Calor T_0 T_f $T_f > T_0$

corrente térmica $i = \frac{dQ}{dt} [J/s]$



fluxo de Calor

Relação empírica (experimental)

$k = \text{condutividade térmica}$ $k [W/m \cdot K]$

$i = -k A \frac{dT}{dx}$ $k [J/s \cdot m \cdot K]$

Analogia da corrente térmica com a corrente elétrica

provoca a corrente elétrica

provoca a corrente térmica

$$V = Ri$$

$$\Delta T = Ri$$

diferença de potencial elétrica

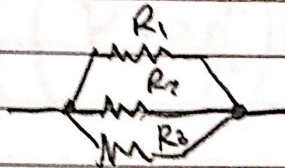
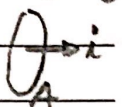
variação de temperatura térmica

$$i = \frac{kA |\Delta T|}{|\Delta x|}$$

$$\Rightarrow |\Delta T| = \frac{|\Delta x|}{kA} i$$

$$R = \frac{\Delta x}{kA}$$

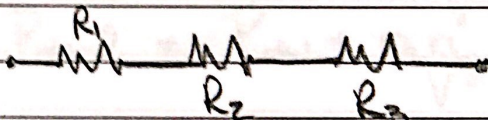
A = área de seção transversal



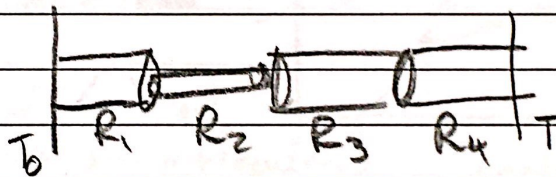
$$R_{eq} = \sum \frac{1}{R_i}$$



$$R_{eq} = \sum \frac{1}{R_i}$$



$$R_{eq} = \sum R_i$$

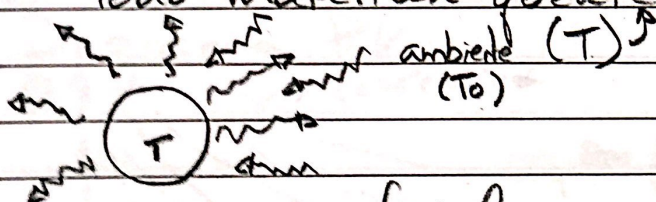


$$R_{eq} = \sum R_i$$

Tabela 20-5 (valores k de materiais)

3) Radiação.

Todo material quente emite radiação.



A = área superficial

$$\text{esfera } A = 4\pi r^2$$

Lei empírica chamada de Lei de Stefan-Boltzmann

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

Δt = calor do sistema

P = potência irradiada, A = área superficial

σ = const. universal = $5,67 \times 10^{-18} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

e = 0 e 1 adimensional = emissividade da superfície.

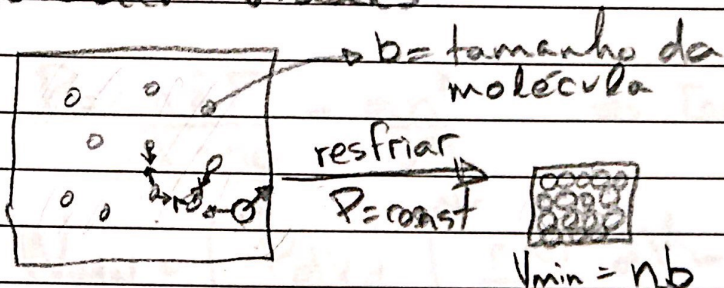
Pemissão = $e\sigma A T^4$ e Pabsorção = $e\sigma A T_0^4$

$$P = -e\sigma A (T^4 - T_0^4)$$

$T > T_0$ o corpo perde calor

$$Q < 0$$

4) Gás real van der Waals



Modelo do gás ideal
 → não há interação entre as moléculas
 → as moléculas têm tamanho desprezível
 → densidade de molécula é baixa.

$$PV = nRT$$

Limitação $T \rightarrow 0$ com $P = \text{const}$

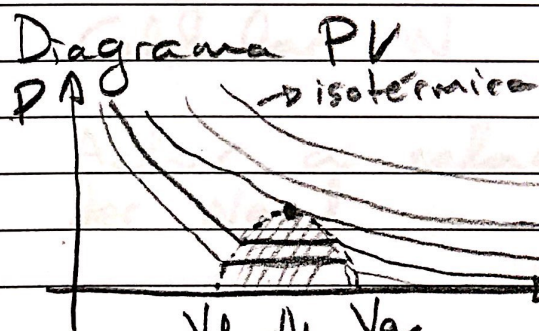
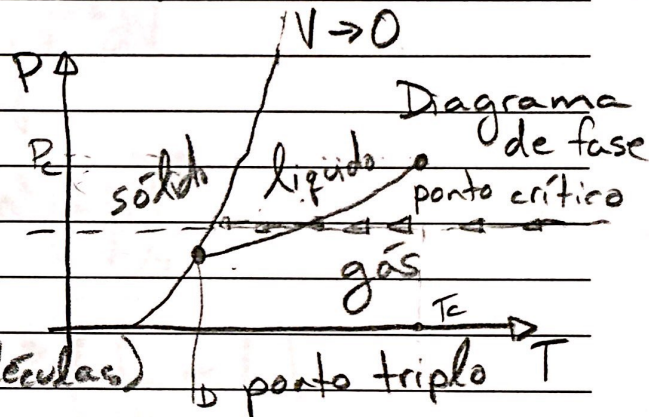
$$F \propto \frac{n}{V} \quad \text{n}^\circ \text{colisões} \propto \frac{n}{V}$$

$$P_{\text{ideal}} = P_{\text{vdw}} + \frac{an^2}{V^2} \Rightarrow P_{\text{ideal}} > P_{\text{vdw}}$$

$$V_{\text{ideal}} = V_{\text{vdw}} - nb \Rightarrow V_{\text{ideal}} < V_{\text{vdw}}$$

→ Tabela 20.2 (valores p/ dif. moléculas)

a e b são constantes que dependem da natureza das moléculas



- linha de transição sólido $\leftrightarrow$ líquido é infinita
- linha líquido $\leftrightarrow$ gás acaba no ponto crítico.
- $p_{\text{gas}} \ll p_{\text{liq}} < p_{\text{sol}}$

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV = nRT \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V}$$

$$W = nRT \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right)$$

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

$C_p = C_v + R$
 só para gás ideal.

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

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2} \Rightarrow \text{Isotermica } T = \text{const}$$

$$W_{vdw} = \int_{V_i}^{V_f} P dV = \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V - nb} dV - \int_{V_i}^{V_f} \frac{an^2}{V^2} dV \quad \begin{matrix} V = V - nb \\ dV = dV \end{matrix}$$

$$W_{vdw} = \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V} dV - an^2 \int_{V_i}^{V_f} V^{-2} dV$$

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

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

Tarefa de casa ($V_f = 2V_i$) $T = 25^\circ\text{C}$ $n = 1 \text{ mol}$
 no gás ideal e no gás real (van der Waals)
 Calcular W

Achar a relação de c_p e c_v p/ gás van der Waals.