



Universidade Federal do Paraná
Setor de Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica

TEM701

Termodinâmica dos Materiais

Lei Zero

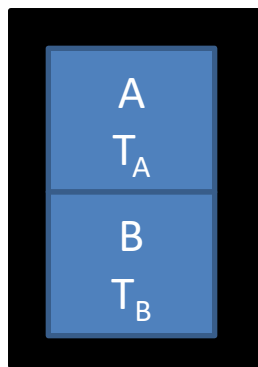
Prof. Rodrigo Perito Cardoso

Onde estamos

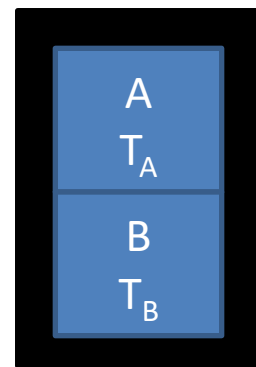
- Introdução histórica.
- **Leis da Termodinâmica.**
- Potenciais Termodinâmicos.
- Conceitos de Termodinâmica estatística.
- Termodinâmica de sólidos.
- Termodinâmica de transformação de fase.
- Termodinâmica química.
- Diagramas de fases.
- Cinética de transformações

Observação

- Quando dois corpos, a temperaturas diferentes, são postos em contato entre si e isolados do meio. Suas temperaturas serão iguais após algum tempo.



$$T_A = 300\text{K}$$
$$T_B = 400\text{K}$$



$$T_A = T_B = 350\text{K}$$

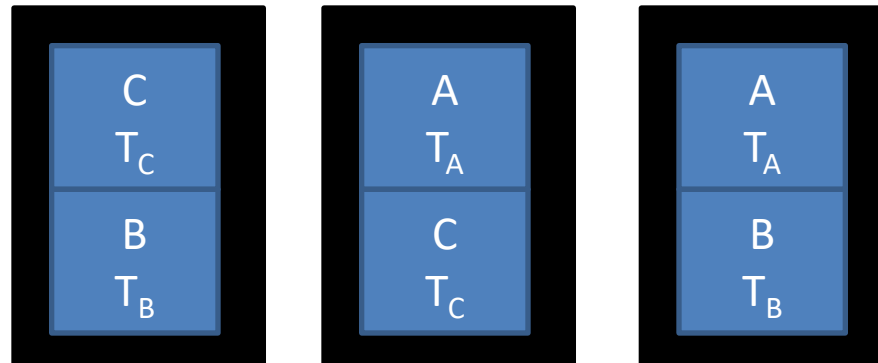
Se os corpos forem iguais

A Lei Zero

- Enunciada por Fowler em 1931

“Se dois sistemas estão separadamente em equilíbrio térmico com um terceiro, então eles devem estar em equilíbrio térmico entre si”

No equilíbrio
 $T_A = T_B = T_C$



Poderíamos ainda
 imaginar subdividir
 os corpos em
 subsistemas e a lei
 valeria

Implicações:

Indica a existência de uma propriedade

Estabelece bases para sua medição (C poderia ser por exemplo um termômetro ou um sensor de temperatura -> se ideal não altera a medida)

Existência da temperatura

- Supor 3 sistemas em equilíbrio descritos por P , v e T
 - Se 1 e 3 estão em equilíbrio, existe uma relação entre P_1, P_3, v_1 e v_3 , para que $T_1 = T_3$
 -
 -

Termômetro de gás ideal

$$Pv = RT \quad R = \frac{\tilde{R}}{\tilde{M}} \quad \tilde{R} = 8.314 J / molK$$

$\tilde{M} = \text{massa molar } g / mol$

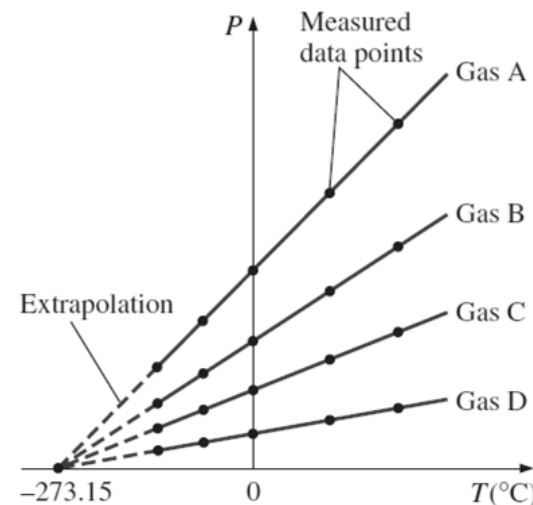
$$\frac{Pv}{T} = R \Rightarrow cte$$

$$\therefore \frac{P_1 v_1}{T_1} = \frac{P_2 v_2}{T_2}$$

Com v constante

$$T(P) = A + BP$$

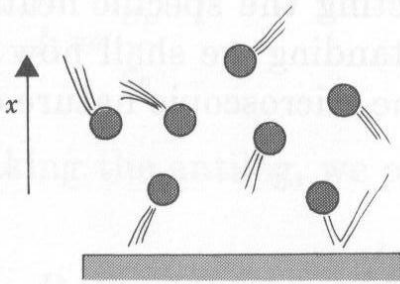
$$A=0 \quad T(P) = BP$$



Uma referência define a escala (ponto triplo da água) – Celsius precisa de 2 pontos

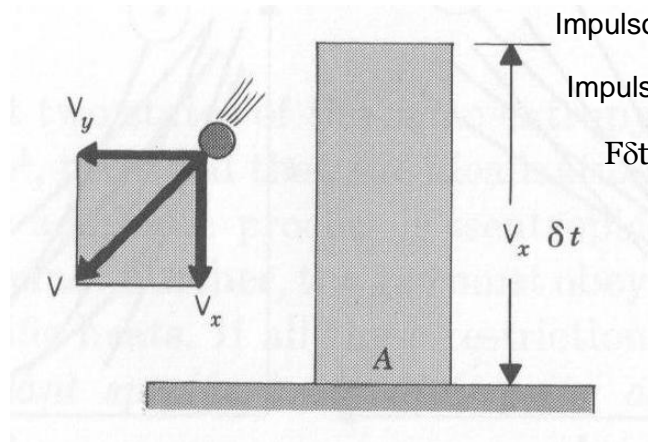
Temperatura – Interpretação microscópica

Considerando as partículas esferas rígidas



$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$$

$$\frac{1}{3} \langle v^2 \rangle = \langle v_x^2 \rangle = \langle v_y^2 \rangle = \langle v_z^2 \rangle$$



Igual número de partículas em cada direção de x

Colisões em A

$$\frac{1}{2} n f_x A v_x \delta t$$

n -> numero de partículas por volume

f_x -> fração de partículas com velocidade v_x em x
(função distribuição de velocidades)

Impulso por partícula $F_x \delta t = 2m v_x$

Impulso total:

$$F \delta t = \sum (2m v_x) \frac{1}{2} n f_x A v_x \delta t \Rightarrow p = n m \sum f_x v_x^2$$

$$\sum f_x v_x^2 = \langle v_x^2 \rangle$$

$$p = \frac{2n}{3} \left(\frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle \right)$$



$$p N_A = n \tilde{R} T$$

$$p = n k T$$



$$T = \frac{2}{3k} \left(\frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle \right)$$

É importante lembrar

- Enunciado da Lei Zero e suas implicações
- Termômetro de gás ideal
- Interpretação microscópica de temperatura