Termodinâmica e Física Estatística parte I

Simão Cardoso

Março 2022

1 Probabilidades

$$P[A,B] = \int_A^B f(x)dx \tag{1}$$

$$P[-\infty,+\infty] = 1 \tag{2}$$

Média (valores discretos)

$$\langle x\rangle = \sum_i x_i P(x_i) \tag{3}$$

Valores contínuos

$$\langle x\rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x)dx \tag{4}$$

$$\langle g(x)\rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} g(x) f(x)dx \tag{5}$$

$$\langle x^2\rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} x^2 f(x)dx \tag{6}$$

Desvio padrão

$$\sigma_x = \sqrt{\langle x^2\rangle - \langle x\rangle^2} \tag{7}$$

2 Mudanças de estado diferenciais

$$x(y,z)$$

$$\left(\frac{\partial x}{\partial y}\right) = \frac{1}{\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)} \tag{8}$$

$$\left(\frac{\partial x}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial y}{\partial z}\right)\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right) = -1 \tag{9}$$

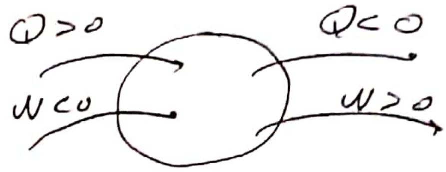
Se $P(V,T)$:

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right) = k\beta \tag{10}$$

Onde:

$$k = -v\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right) \tag{11}$$

$$\beta = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right) \tag{12}$$



3 Termodinâmica

1ª Lei da Termodinâmica:

$$dQ = dU + dW \tag{13}$$

$$\begin{cases} dQ = nc_v dT + PdV \\ dQ = nc_p dT + VdP \end{cases} \tag{14}$$

Gás ideal:

$$PV = nRT \tag{15}$$

$$VdP + PdV = nRdT \tag{16}$$

Trabalho:

$$dW = PdV \tag{17}$$

Isobárico (P = constante):

$$dQ = nc_p dT \tag{18}$$

$$dQ = dU + dW \tag{19}$$

Isocórica (V = constante):

$$dQ = nc_v dT \tag{20}$$

$$dQ = dU \tag{21}$$

$$dU = nc_v dT \tag{22}$$

$$dW = 0 \tag{23}$$

Isotérmica (T = constante):

$$\begin{cases} dQ = PdV \\ dQ = VdP \end{cases} \tag{24}$$

$$dU = 0 \tag{25}$$

$$dW = \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) \tag{26}$$

Adiabático (Q = 0):

$$dU = -dW \tag{27}$$

$$PV^\gamma = K \tag{28}$$

$$dW = \frac{K}{V^\gamma} dV = K \left[\frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1}\right]_{V_i}^{V_f} \tag{29}$$

$$\frac{c_p}{c_v} = \gamma \tag{30}$$

Outras fórmulas:

$$c_p = c_v + R \tag{31}$$

$$C_p = C_v + nR \tag{32}$$

$$c_y = \frac{C_y}{n} \tag{33}$$

Calor latente:

$$Q_L = \frac{Q_{\text{transf}}}{m_{\text{ome}}} \tag{34}$$

Expansão livre $\Delta U = 0$

$\Delta T = 0$

$Q = W$

2ª Lei da Termodinâmica: Num ciclo, ao fornecer calor e executar trabalho, parte do calor é sempre perdido para o reservatório frio.

Rendimento:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \tag{35}$$

Ciclo de Carnot (Gás ideal)

Isotérmico (1→2):

$$Q_{12} = nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \tag{36}$$

Adiabático (2→3):

$$Q_{23} = 0 \tag{37}$$

$$c_v \ln\left(\frac{T_3}{T_2}\right) = -R\ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right) \tag{38}$$

Isotérmico (3→4):

$$Q_{34} = -nRT_3 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \tag{39}$$

Adiabático (4→1):

$$Q_{41} = 0 \tag{40}$$

$$\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = \ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right) \tag{41}$$

Calor total:

$$Q_{\text{ciclo}} = nR\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)[T_1 - T_3] \tag{42}$$

$$\sum\left(\frac{Q}{T}\right) = \frac{Q_{12}}{T_1} + \frac{Q_{34}}{T_3} = 0 \tag{43}$$

Entropia:

$$dS = \frac{dQ}{T} \tag{44}$$

Ciclo com transformações reversíveis:

$$\boxed{\oint \frac{dQ_r}{T} = 0} \tag{45}$$

Entropia num sistema isolado aumenta ($\Delta S \geq 0$)

$$\boxed{\Delta S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{sist}} + \Delta S_{\text{ext}}} \tag{46}$$

3ª Lei da Termodinâmica: Entropia dos sistemas tendem para um valor comum.

Rendimento de um frigorífico:

$$\eta = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \tag{47}$$

$$\eta = \frac{Q_2}{W} \qquad \begin{cases} Q_2 = Q_F \\ Q_1 = Q_Q \end{cases}$$

4 Outras funções termodinâmicas

Entalpia:

$$H = U + PV \tag{48}$$

Entalpia (isobárica):

$$\Delta H = \int c_p dT \tag{49}$$

Energia livre de Helmoltz:

$$F = U - TS \tag{50}$$

Energia livre de Helmoltz (isotérmica):

$$\Delta F = -\int P dV \tag{51}$$

Energia livre de Gibbs:

$$G = U + PV - TS \tag{52}$$

5 Relações de Maxwell

$$\frac{\partial T}{\partial V} = -\frac{\partial P}{\partial S} \tag{53}$$

$$\frac{\partial T}{\partial P} = \frac{\partial V}{\partial S} \tag{54}$$

$$\frac{\partial S}{\partial V} = \frac{\partial P}{\partial T} \tag{55}$$

$$\frac{\partial S}{\partial P} = -\frac{\partial V}{\partial T} \tag{56}$$