# Formulário

Convenção de sinais: trabalho PELO sistema >0, trabalho SOBRE o sistema <0. Calor recebido NO sistema >0, calor cedido PELO sistema <0

Sistema fechado

$$\text{Energia: } \delta Q - \delta W = \mathrm{d}E \qquad \text{2a Lei: } \mathrm{d}S = \frac{\delta Q}{T} + \delta\sigma$$

Sistema Aberto Volume de controle (fluxos >0 entrada, <0 saida)

$$\text{Energia: } \dot{Q} - \dot{W}_{vc} = \frac{\mathrm{d}E_{vc}}{\mathrm{d}t} + \sum_{\text{sai}} \left[\dot{m}\left(h + v^2/2 + gz\right)\right] - \sum_{\text{entra}} \left[\dot{m}\left(h + v^2/2 + gz\right)\right] \qquad \text{massa: } \frac{\mathrm{d}m_{vc}}{\mathrm{d}t} + \sum \dot{m}_s - \sum \dot{m}_e = 0$$

$$\text{Entropia: } \frac{\mathrm{d}S_{vc}}{\mathrm{d}t} + \sum \left[\dot{m}_s s_s\right] - \sum \left[\dot{m}_e s_e\right] = \int \frac{\delta\dot{Q}/dA}{T}\,\mathrm{d}A + \dot{\sigma}_{\text{ger}}$$

Trabalho

$$\delta W = p\mathrm{d}V$$

Gás Ideal

$$pv = RT \qquad PV = mRT \qquad k = C_p/C_v \qquad C_p - C_v = R \qquad dH = C_p dT \qquad dU = C_v dT$$

Entropia gás ideal

$$s_2 - s_1 = \int \frac{C_p(T)}{T}\mathrm{d}T - R\ln\frac{p_2}{p_1} = \int \frac{C_v(T)}{T}\mathrm{d}T + R\ln\frac{v_2}{v_1}$$

Processo politrópico gás ideal

$$PV^n = \text{cte}$$

trabalho gás ideal politrópico

$$_1W_2 = \frac{p_2V_2 - p_1V_1}{1-n} \text{ se } n \neq 1 \qquad _1W_2 = mRT\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \text{ se } n = 1$$

Relações Entalpia e Energia interna e Entropia

$$h = u + pv \qquad \mathrm{d}h = \mathrm{d}u + p\mathrm{d}v \qquad T\mathrm{d}s = \mathrm{d}u + p\mathrm{d}v = \mathrm{d}h - v\mathrm{d}p$$

Entropia

$$dS = \left.\frac{\delta Q}{T}\right|_{\text{rev}}$$

Título (exemplo)

$$v = xv_v + (1-x)v_L = v_L + x(v_v - v_L) = v_L + xv_{Lv}$$

Rendimento Carnot

$$\text{motor: } \eta = 1 - \frac{T_{\text{frio}}}{T_{\text{quente}}} \qquad \text{refrigeração: } \beta = \frac{T_{\text{frio}}}{T_{\text{quente}} - T_{\text{frio}}}$$

Rendimento motor

$$\eta = \frac{\text{Energia usada}}{\text{Energia fornecida}}$$

## Troca de calor

Condução

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(k\frac{\partial T}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(k\frac{\partial T}{\partial z}\right) + \dot{q}$$

Adimensionais

| | | | |
|---|---|---|---|
| Nusselt | $\mathrm{Nu} = hL/k$ | Reynolds | $\mathrm{Re} = U_\infty * x/\nu$ |
| Prandtl | $\mathrm{Pr} = \mu c_p/k$ | $\mathrm{Pr}^{1/3} \approx \delta/\delta_{\mathrm{term}}$ | |

troca calor convectiva $q = hA(T_{\mathrm{sup}} - T_\infty)$ condutiva $q = kA\Delta T/L$

correlações convectivas placa plana

| | |
|---|---|
| $\mathrm{Nu}_x = 0.332\mathrm{Re}_x^{1/2}\mathrm{Pr}^{1/3}$ | laminar, local $T_f$, $0.6 \leq \mathrm{Pr} \leq 50$ |
| $\overline{\mathrm{Nu}}_x = 0.664\mathrm{Re}_x^{1/2}\mathrm{Pr}^{1/3}$ | laminar, médio $T_f$, $0.6 \leq \mathrm{Pr} \leq 50$ |
| $\mathrm{Nu}_x = 0.0296\mathrm{Re}_x^{4/5}\mathrm{Pr}^{1/3}$ | turbulenta, local $T_f$, $0.6 \leq \mathrm{Pr} \leq 60$ |
| $\overline{\mathrm{Nu}}_x = (.037\mathrm{Re}_x^{4/5} - 871)\mathrm{Pr}^{1/3}$ | mista, médio $T_f$, $0.6 \leq \mathrm{Pr} \leq 60$, $Re_{\mathrm{cr}} = 5 \times 10^5$ |

correlações convectivas EXTERNO cilindro

| | |
|---|---|
| $\overline{\mathrm{Nu}}_D = 0,3 + \frac{0,62\mathrm{Re}_D^{1/2}\mathrm{Pr}^{1/3}}{(1+(0,4\mathrm{Pr})^{2/3})^{1/4}}\left[1 + \left(\frac{\mathrm{Re}_D}{282000}\right)^{5/8}\right]^{4/5}$ | laminar e turbulenta, desenvolvido, $\mathrm{Re}_D\mathrm{Pr} > 0,2$ |

correlações convectivas INTERNO cilindro

| | |
|---|---|
| $\overline{\mathrm{Nu}}_D = 4,36$ | laminar, desenvolvido, $q''$ cte |
| $\overline{\mathrm{Nu}}_D = 3,66$ | laminar, desenvolvido, $T_s$ cte |
| $\overline{\mathrm{Nu}}_D = 0,023\mathrm{Re}_D^{4/5}\mathrm{Pr}^n$ | turbulenta, desenvolvido, $0.6 \leq \mathrm{Pr} \leq 160$, $n = 0,3$ para $T_s < T_m$, $n = 0,4$ para $T_s > T_m$ |