A 2ª Lei em Volumes de Controle

1 Taxa de variação de entropia para sistemas

$$\frac{\mathrm{d}S_{sist}}{\mathrm{d}t} = \sum \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{S}_{\mathrm{ger}}$$

2 2ª Lei para $\not{V}C$:

Considera-se a contribuição devida ao fluxo mássico atravessando a SC

$$\boxed{\frac{\mathrm{d}S_{\not{V}C}}{\mathrm{d}t} = \sum \dot{m}_e s_e - \sum \dot{m}_s s_s + \sum \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{S}_{\text{ger}}}$$

2.1 Regime Permanente

$$\frac{\mathrm{d}S_{\not{V}C}}{\mathrm{d}t} = 0 \quad \Rightarrow \quad \sum \dot{m}_s s_s - \sum \dot{m}_e s_e = \sum \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{S}_{\text{ger}}$$

2.2 Regime Uniforme

$$(m_2 s_2 - m_1 s_1)_{\not{V}C} + \sum m_s s_s - \sum m_e s_e = \int_0^t \frac{\dot{Q}_{\not{V}C}}{T}\,\mathrm{d}t + \Delta S_{\text{ger}}$$

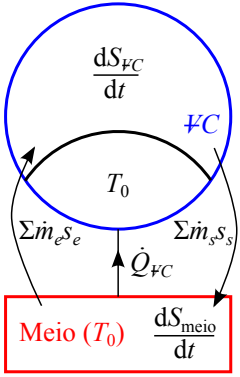
Exercício 1

Vapor expande-se isentropicamente através de uma turbina de 6 MPa e 600 °C para 10 kPa. Calcule a potência se a vazão de massa for de 2 kg/s.

Exercício 2

Um recipiente com volume interno 0,2 m^3 inicialmente está vazio. O recipiente então é carregado com He proveniente de uma linha onde o fluido escoa a 500 K e 1 MPa. O processo de carga termina quando a pressão no recipiente atinge 1 MPa e é bastante rápido (pode ser considerado adiabático). Determine a massa e a temperatura finais do He no recipiente e a entropia total gerada neste processo.

3 Princípio do Aumento de Entropia para $\not{V}C$



No $\not{V}C$: $$\frac{dS_{\not{V}C}}{dt} + \sum \dot{m}_s s_s - \sum \dot{m}_e s_e \geq \sum_{\not{V}C} \frac{\dot{Q}_{\not{V}C}}{T}$$

No meio: $$\frac{dS_{meio}}{dt} = \sum \dot{m}_s s_s - \sum \dot{m}_e s_e - \frac{\dot{Q}_{\not{V}C}}{T_0}$$

Somando as equações:

$$\frac{dS_{liq}}{dt} = \frac{dS_{\not{V}C}}{dt} + \frac{dS_{meio}}{dt} \geq \sum_{\not{V}C} \frac{\dot{Q}_{\not{V}C}}{T} - \frac{\dot{Q}_{\not{V}C}}{T_0}$$

Como $\dot{Q}_{\not{V}C} > 0$ quando $T_0 > T$ e $\dot{Q}_{\not{V}C} < 0$ quando $T_0 < T$, temos:

$$\boxed{\frac{\mathrm{d}S_{\text{liq}}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}S_{\not{V}C}}{\mathrm{d}t} + \frac{\mathrm{d}S_{\text{meio}}}{\mathrm{d}t} = \sum \dot{S}_{\text{ger}} \geq \sum_{\not{V}C} \frac{\dot{Q}_{\not{V}C}}{T} - \frac{\dot{Q}_{\not{V}C}}{T_0} \geq 0}$$

3.1 Regime Permanente

$$\frac{\mathrm{d}S_{\not{V}C}}{\mathrm{d}t} = 0 \quad \Rightarrow \quad \sum \dot{S}_{\text{ger}} = \sum \dot{m}_s s_s - \sum \dot{m}_e s_e - \frac{\dot{Q}_{\not{V}C}}{T_0} \geq 0$$

3.2 Regime Uniforme

Integrando a equação do aumento de entropia:

$$\Delta S_{\text{liq}} = \Delta S_{\not{V}C} + \Delta S_{\text{meio}} = \Delta S_{\text{ger}} \geq 0$$

$$\Delta S_{\not{V}C} = (m_2 s_2 - m_1 s_1)$$

$$\Delta S_{\text{meio}} = -\frac{Q_{\not{V}C}}{T_0} + \sum m_s s_s - \sum m_e s_e$$

Exercício 3

Um tanque rígido com volume interno de $1\,\text{m}^3$, contém $100\,\text{kg}$ de R-134a, a temperatura ambiente ($20\,°\text{C}$). Uma válvula situada no topo do tanque é, então, aberta e vapor saturado e estrangulado até $100\,\text{kPa}$ e

descarregado num coletor. Durante esse processo, a temperatura interna do tanque permanece constante e igual a 20 °C. A válvula é fechada quando não existe mais líquido no tanque. Nestas condições, determine o calor transferido ao tanque e a variação líquida de entropia no processo.