3.2 O processo em regime permanente

- $\not{V}C$ não se move em relação ao sistema de coordenadas
- O estado da substância, em cada ponto do $\not{V}C$, não varia com o tempo
- O fluxo de massa e o estado dessa massa em cada ponto do escoamento através da SC não varia com o tempo assim como $\dot{Q}$ e $\dot{W}$

$$\frac{\mathrm{d}m_{\not{V}C}}{\mathrm{d}t} = 0 \quad \text{e} \quad \frac{\mathrm{d}E_{\not{V}C}}{\mathrm{d}t} = 0$$

Isso implica em:

$$\boxed{\sum \dot{m}_e = \sum \dot{m}_s}$$

$$\boxed{\dot{Q}_{\not{V}C} + \sum \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + gZ_e \right) = \dot{W}_{\not{V}C} + \sum \dot{m}_s \left(h_s + \frac{V_s^2}{2} + gZ_s \right)}$$

Para uma entrada e uma saída,

$$\dot{m}_e = \dot{m}_s = \dot{m}$$

$$q + h_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e = h_s + \frac{V_s^2}{2} + gz_s + w$$

Onde:

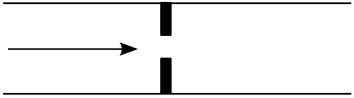
$$q = \frac{\dot{Q}_{VC}}{\dot{m}} \quad , \quad w = \frac{\dot{W}_{VC}}{\dot{m}}$$

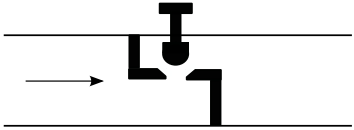
3.2.1 Exemplos de dispositivos que operam em regime permanente

a) Dispositivos de estrangulamento

- Válvulas, placas de orifício
- Troca de calor desprezível, não há trabalho
- ΔEC e ΔEP desprezíveis

$$\cancel{q} + h_e + \cancel{\frac{V_e^2}{2}} + \cancel{gz_e} = h_s + \cancel{\frac{V_s^2}{2}} + \cancel{gz_s} + \cancel{w} \quad \Rightarrow \quad h_e = h_s$$





Exercício 1

R-134a entra em uma válvula a 800 kPa e 30 °C. A pressão medida a jusante da válvula é 60 kPa. Estime a energia interna a jusante da válvula.

b) Máquinas - compressores, bombas, turbinas

- $\dot{Q}_{VC}$, ΔEC e ΔEP <u>normalmente</u> desprezíveis.*

$$\dot{W}_{VC} = \dot{m}(h_e - h_s) \qquad w = h_e - h_s$$

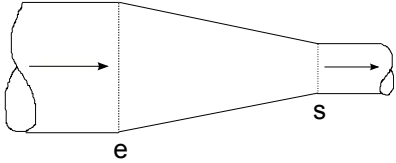
*Comentar sobre compressores alternativos com aletas.

Exercício 2

Vapor superaquecido entra em uma turbina isolada a 4000 kPa e a 500 °C e sai a 20 kPa com $x = 0{,}9$. Se a vazão mássica for 6 kg/s, determine $\dot{W}$ e a velocidade média na saída, cujo duto tem diâmetro interno igual a 800 mm.

c) Bocais e difusores

- $\dot{W}_{\not{V}C}$ nulo
- $\dot{Q}_{\not{V}C}$ e ΔEP desprezíveis

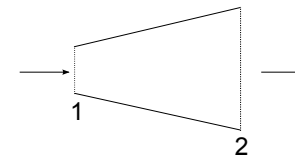


$$\cancel{q} + h_e + \frac{V_e^2}{2} + \cancel{gz_e} = h_s + \frac{V_s^2}{2} + \cancel{gz_s} + \cancel{w}$$

$$\frac{V_s^2 - V_e^2}{2} + (h_s - h_e) = 0$$

Exercício 3

A figura mostra um difusor isolado que é alimentado com um escoamento de ar que apresenta velocidade de 200 m/s, $T = 300\,\mathrm{K}$ e $p = 100\,\mathrm{kPa}$. As áreas das seções transversair de alimentação e descarga são, respectivamente, iguais a 100 e 860 mm^2.



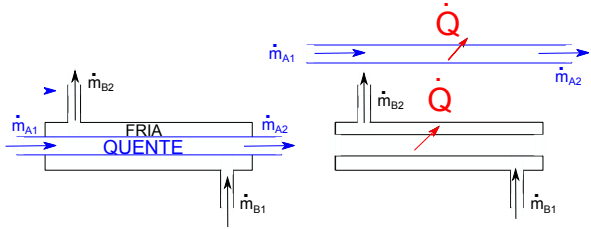
Sabendo que o ar deixa o difusor com uma velocidade de 20 m/s, obtenha a pressão e a temperatura do ar na seção de descarga do equipamento.

d) Trocadores de calor

- $\dot{W}_{\not{V}C}$ nulo
- ΔEC e ΔEP desprezíveis

$$\dot{Q} = \dot{m}(h_s - h_e)$$

Troca de calor entre dois fluidos



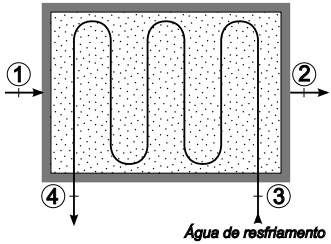
Equipamento como um todo:

$$0 = \dot{m}_A(h_{A_2} - h_{A_1}) + \dot{m}_B(h_{B_2} - h_{B_1})$$

Volumes separados: $\dot{Q} = \dot{m}_B(h_{B_2} - h_{B_1}) \quad -\dot{Q} = \dot{m}_A(h_{A_2} - h_{A_1})$

Exercício 4

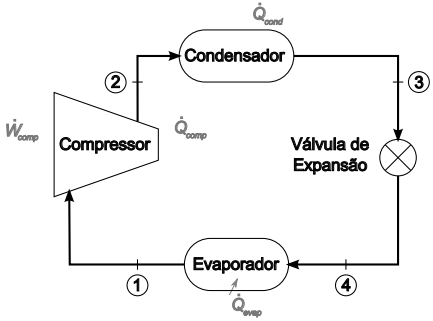
A figura mostra um trocador de calor que é alimentado com 1 kg/s de água a 300 °C e 10 kPa e descarrega líquido saturado a 10 kPa. O fluido de resfriamento é água obtida num lago a 20 °C e que retorna ao mesmo, a 30 °C. Sabendo que a superfície externa do condensador é isolada, calcule a vazão da água de resfriamento.



Exercício 5

O sistema de refrigeração mostrado na figura utiliza R-134a como fluido de trabaho. A vazão em massa de refrigerante no ciclo é de 0,1 kg/s e a potência consumida no compressor é de 5 kW. As características operacionais do ciclo são:

$$p_1 = 100\,\text{kPa} \quad T_1 = -20\,^\circ\text{C}$$
$$p_2 = 800\,\text{kPa} \quad T_2 = 50\,^\circ\text{C}$$
$$T_3 = 30\,^\circ\text{C} \quad x_3 = 0{,}0$$
$$T_4 = -25\,^\circ\text{C}$$



Determine $\dot{Q}_{\text{comp}}$, $\dot{Q}_{\text{cond}}$, $\dot{Q}_{\text{evap}}$, x_4.