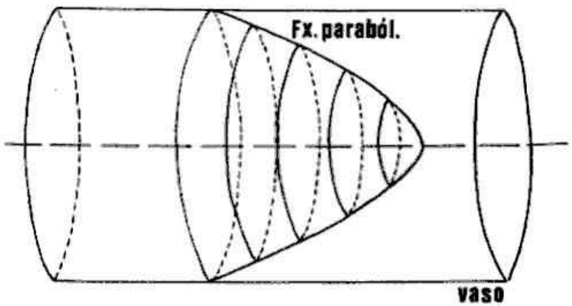
Ex 5.3) Perfil de velocidades parabólico $u = u_0[1 - r^2/R^2]$

Determinar:

a) A vazão volumétrica no duto – R = 0,10 m e u_0 = 10 m/s

b) A velocidade média V do escoamento no tubo



a)

Fluxo de massa: $\dot{m} = \int \rho(\overrightarrow{Vr}.\vec{n})dA$

Relação em ter Fluxo de massa e Fluxo volumétrico: $\dot{m} = Q.\rho$

Considerando a densidade do fluido constante na seção transversal:

$$Q = \int_0^R u_0 \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2 2\pi r dr\right]$$

$$\left(\frac{r}{R}\right) = \eta \rightarrow dr = R d\eta$$

$$Q = u_0 \int_0^1 (1-\eta^2) 2\pi R^2 \eta d\eta$$

$$Q = 2\pi R^2 u_0 \int_0^1 (1-\eta^2)\eta d\eta$$

$$Q = 2\pi R^2 u_0 \int_0^1 (\eta - \eta^3) d\eta$$

$$Q = 2\pi R^2 u_0 \frac{\eta^2}{2} - \frac{\eta^4}{4} = 2\pi R^2 u_0 \frac{1}{4}$$

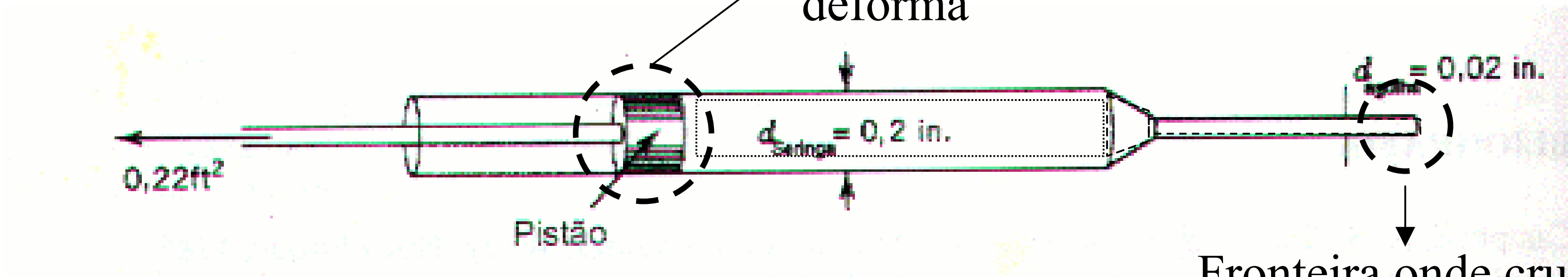
$$Q = (\pi R^2)\frac{u_0}{2} = A_T \frac{u_0}{2} \Rightarrow Q = 0{,}15\, m^3/s$$

b) $Q = \overline{U}.A_T$; $Q = A_T \dfrac{u_0}{2}$

$$\overline{U} = \frac{u_0}{2} = 5\, m/s$$

Ex 5.7) Teste sanguíneo

Fronteira onde não cruza massa mas se deforma



Fronteira onde cruza massa

$$\frac{d}{dt}\int_{vc}\rho dv+\int_{sc}\rho(\overrightarrow{Vr}.\vec{n})dA=0$$

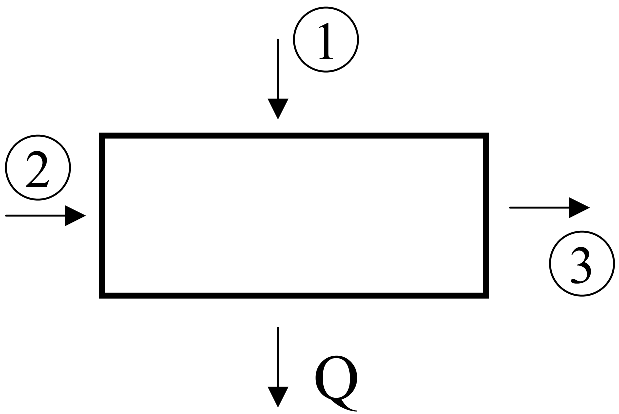
$$v=A.x\Rightarrow dv=\left(\frac{\pi d_s^2}{4}\right)dx$$

$$\frac{d}{dt}\left(\rho\left(\frac{\pi d_s^2}{4}\right)dx\right)+\left(\rho.(-V_f)\pi\frac{d_A^2}{4}\right)=0$$

$$=\rho\left(\frac{\pi d_s^2}{4}\right)V_e+\left(\rho.(-V_f)\pi\frac{d_A^2}{4}\right)=0$$

$$V_f=V_e\left(\frac{d_S}{d_A}\right)^2\Rightarrow V_f=22\ ft/s$$

Ex 5.8) Unidade de Ar condicionado



Dados:

$\dot{V}_1 = 2{,}5\,m^3/s$ | $\dot{V}_2 = 6{,}0\,m^3/s$ | $\dot{V}_3 = ?$

$P_1 = 100\,kPa$ | $P_1 = 100\,kPa$ | $P_1 = 95\,kPa$

$T_1 = 50^oC$ | $T_1 = 70^oC$ | $T_1 = 20^oC$

Eq. da Conservação da Massa: $\dfrac{d}{dt}\int_{vc} \rho\, dv + \int_{sc} \rho(\overrightarrow{Vr}.\vec{n})\,dA = 0$

Hipóteses: Regime Permanente

Com as hipóteses acima, a equação da conservação da massa fica:

$$-\dot{m}_1 - \dot{m}_2 + \dot{m}_3 = 0$$

$$-(\rho\dot{V})_1 - (\rho\dot{V})_2 + (\rho\dot{V})_3 = 0$$

Sendo: $\rho = \dfrac{1}{\nu}$

$$\dot{V}_3 = \nu_3\left(\frac{\dot{V}_1}{\nu_1} + \frac{\dot{V}_2}{\nu_2}\right) \quad (1)$$

Considerando gás ideal: $P\nu = RT$

$R = 0{,}287\,kJ/kg.K$

Ex 5.8) Continuação...

Calculando os volumes específicos: $\nu = \dfrac{RT}{P}$

$$\nu_1 = \frac{0{,}287.(50+273)}{100} = 0{,}927\,m^3/kg$$

$$\nu_2 = \frac{0{,}287.(70+273)}{100} = 0{,}984\,m^3/kg$$

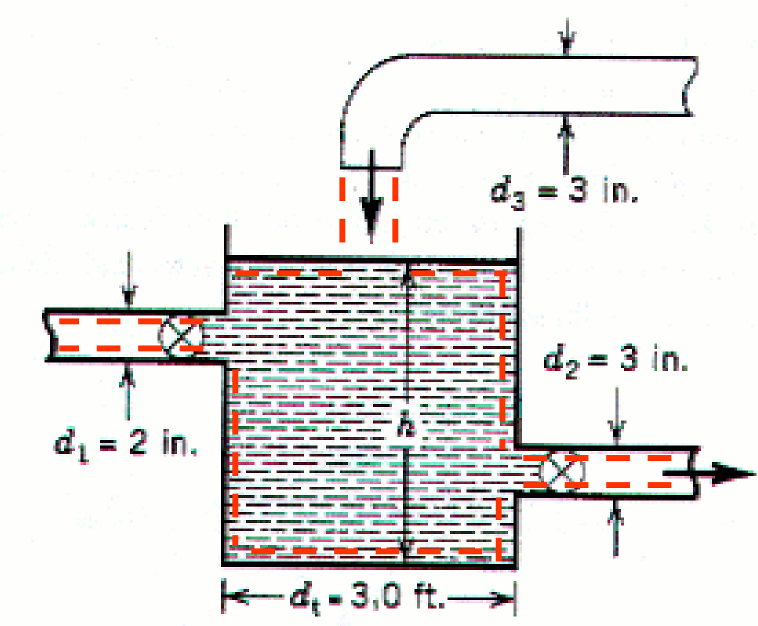
$$\nu_3 = \frac{0{,}287.(20+273)}{95} = 0{,}885\,m^3/kg$$

Logo, a vazão volumétrica na saída é (eq. 1):

$$\dot{V}_3 = \nu_3\left(\frac{\dot{V}_1}{\nu_1} + \frac{\dot{V}_2}{\nu_2}\right) \Rightarrow \dot{V}_3 = 0{,}885\left(\frac{2{,}5}{0{,}927} + \frac{6{,}0}{0{,}984}\right)$$

$$\dot{V}_3 = 7{,}783\,m^3/s$$

Ex 5.9) Tanque de Água



Eq. da Conservação da Massa:

$$\frac{d}{dt}\int_{vc}\rho dv + \int_{sc}\rho(\vec{Vr}.\vec{n})dA = 0$$

Como deve-se manter o nível constante de água no tanque, $\frac{d}{dt}\int_{vc}\rho dv =$

Considerando propriedades uniforme na seção de fluxo e um sistema de controle que possui 2 entradas e 1 saída e, o fluxo de massa que cruza as fronteiras fica da seguinte forma:

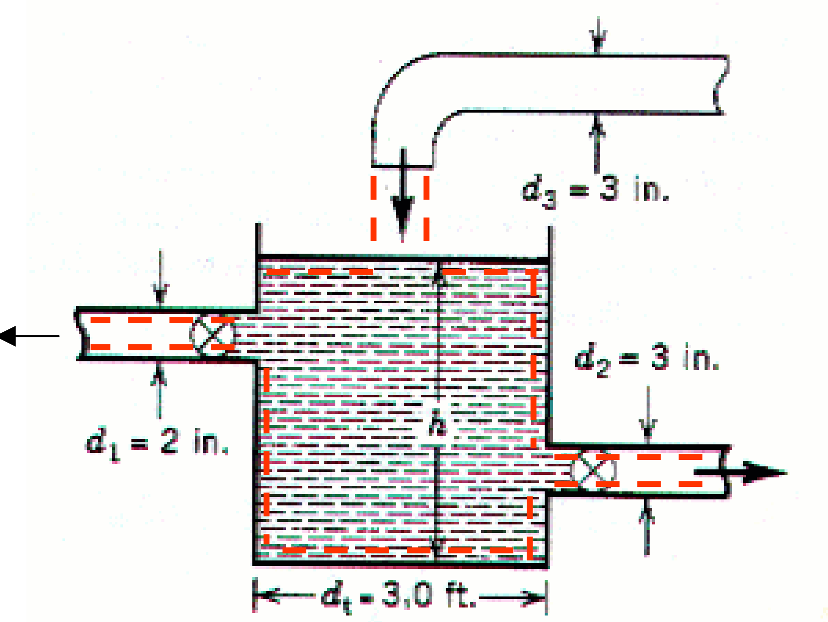
$$\dot{m}_1 + \dot{m}_3 = \dot{m}_2$$

$$(\rho VA)_1 + (\rho VA)_3 = (\rho VA)_2$$

$$V_2 = \frac{(VA)_1 + (VA)_3}{(A)_2}; note\ \ que: Q_3 = (VA)_3$$

$$V_2 = \frac{(VA)_1 + Q_3}{(A)_2} \Rightarrow V_2 = \frac{(10.1{,}17x10^{-2}) + (7{,}14.4{,}9x10^{-2})}{4{,}9x10^{-2}} = 11{,}5\ ft/s$$

Ex 5.10) Variação da altura do nível da água (referente ao problema 5.9)



Eq. da Conservação da Massa:

$$\frac{d}{dt}\int_{vc}\rho dv+\int_{sc}\rho(\vec{Vr}.\vec{n})dA=0$$

$$\rho A_T\frac{dh}{dt}=(\rho VA)_1+(\rho VA)_2-(\rho VA)_3$$

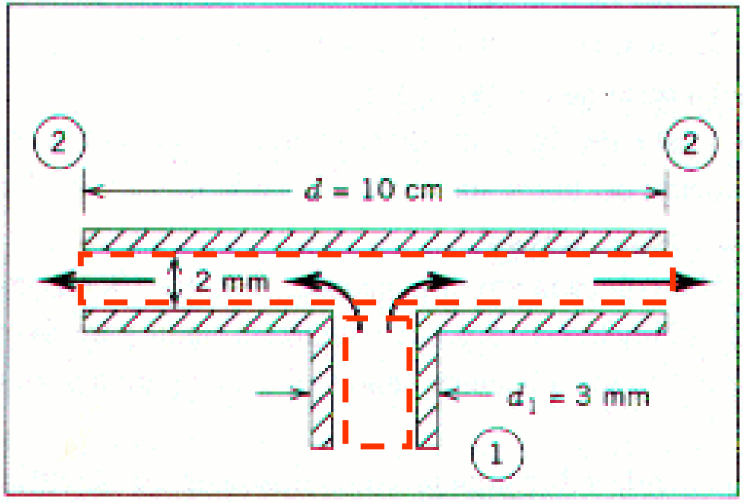
$$\frac{dh}{dt}=\frac{+(VA)_1+(VA)_2-(Q_{vol})_3}{A_T}$$

$$\frac{dh}{dt}=\frac{(12.2,17x10^{-2})+(11,5.4,9x10^{-2})-0,35}{7}$$

$$\frac{dh}{dt}=67,7x10^{-3}\,ft/s$$

Ex 5.12) Mancal Axial

Dados: $\text{dens.relativa} = \dfrac{\rho}{\rho_w} = 0{,}88$ $\dot{m} = 0{,}06\,kg/s$ $\overline{V}_1 = ?$ $\overline{V}_2 = ?$ $\dot{V} = ?$



Hipótese: Regime Permanente e propriedades constantes

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

$$(\rho\overline{V}A)_1 = (\rho\overline{V}A)_2$$

$$\overline{V}_2 = \frac{\overline{V}_1 d_1^2}{4.d.L} \quad (1) \qquad e \qquad \dot{m}_1 = \rho\overline{V}_1\frac{\pi d_1^2}{4} \Rightarrow \overline{V}_1 = \frac{4.0{,}06}{880.\pi.(0{,}003)^2} = 9{,}64\,m/s \ (2)$$

Assim,

$$\overline{V}_2 = \frac{9{,}64.(0{,}003)^2}{4.0{,}10.0{,}002} = 0{,}1085\,m/s \qquad \dot{V} = \overline{V}_1\frac{\pi d_1^2}{4} = 68{,}2x10^{-6}\,m^3/s$$

Ex 5.14) Jato incide sobre uma plataforma circular

Dados:

$T_J = 60^oF$

$P_{Plataforma} = 20lb_f$

$P_{Peso} = 200lb_f$

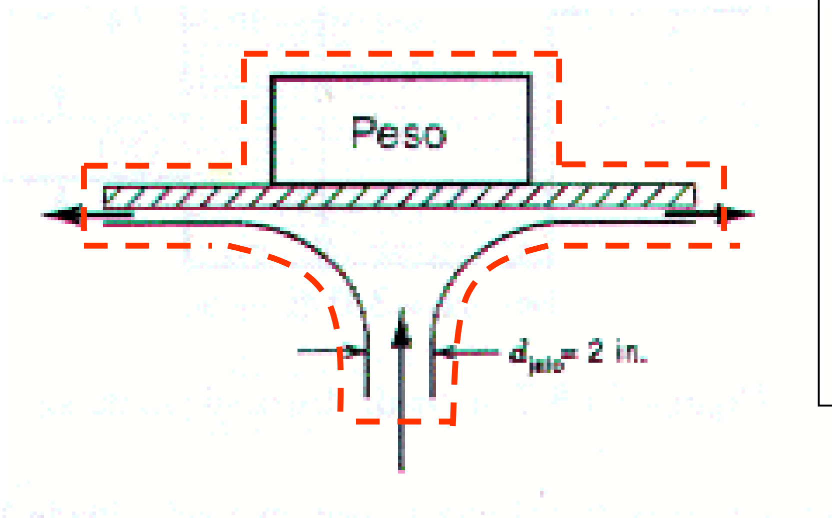
Equação da Quant. de Movimento:

$$\frac{d}{dt}\int_{vc} \rho\vec{V}dv + \int_{sc} \rho\vec{V}(\vec{Vr}.\vec{n})dA = -\int p\vec{n}dA + \int \rho\vec{g}dv + \vec{F}_{mec}$$

Como o jato incide verticalmente sobre a placa circular, a equação da quantidade de movimento deverá ser analisada na direção Y somente

Considerando que a velocidade do jato não se altera com o tempo e que a pressão atuante em todo volume de controle é uniforme, então:

Ex 5.14) Continuação...



Dados no S.I:

$$T = 15{,}5^{o}C \rightarrow \rho = 999\,Kg/m^3$$

$$P_{Disco} = 88{,}96\,N \rightarrow M_{Disco} = 9{,}07\,kg$$

$$P_{Peso} = 889{,}64\,N \rightarrow M_{Peso} = 90{,}7\,kg.$$

$$d_J = 0{,}05\,m \rightarrow A_J = \frac{\pi d_J^2}{4} = 1{,}96x10^{-3}\,m^2$$

$$\int_{sc} \rho\vec{V}(\vec{Vr}.\vec{n})dA = \int \rho\vec{g}dv$$

$$\int_{sc} \rho\vec{V}(\vec{Vr}.\vec{n})dA = -(P_{disco} + P_{Peso})$$

$$+\rho V_J(-V_J)A_J = -(M_{disco} + M_{Peso}).g$$

$$V_J = \sqrt{\frac{(M_{disco} + M_{Peso}).g}{\rho.A_J}} \Rightarrow V_J = \sqrt{\frac{(9{,}07 + 90{,}7)9{,}8}{999.1{,}96x10^{-3}}}$$

$$V_J = 22{,}34\,m/s \;\; ou \;\; V_J = 73{,}3\,ft/s$$

Ex 5.17) Jato horizontal em uma pá curva

Dados: $V_J = 2{,}5\, m/s\ ;\ A_J = 0{,}010\, m^2\ ;\ T = 10^{o}\, C \rightarrow \rho \cong 1000\, kg/m^3$

Se a velocidade do jato é constante e a pressão é uniforme em todo volume de controle, então a e.m. fica:

$$\int_{sc} \rho \overrightarrow{V} (\overrightarrow{Vr}.\overrightarrow{n}) dA = \overrightarrow{F}_{mec}$$

$$\rho(+V_J)(-V_J)A_J + \rho(+V_J Cos\,\alpha)(V_J)A_J = -F_{Mec,X}$$

$$-F_{Mec,X} = 1000.25^2 0{,}010(\cos 60 - 1)$$

$$-F_{Mec,X=} -3124{,}37\, N = 3124{,}37\, N$$

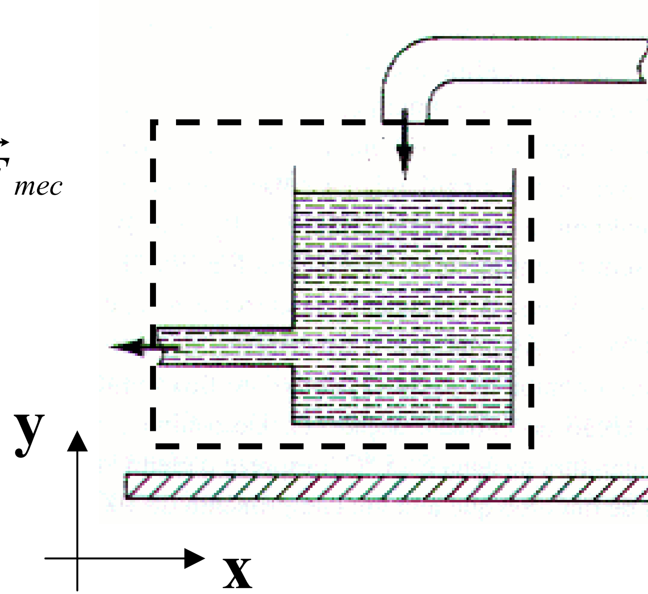
Ex 5.19) Tanque sobre uma balança

$$G_T = 900\,N$$

$$Q_{in} = Q_{out} = 0{,}05\,m^3/s$$

Equação da quantidade de Movimento:

$$\frac{d}{dt}\int_{vc}\rho\vec{V}dv + \int_{sc}\rho\vec{V}(\vec{Vr}.\vec{n})dA = -\int p\vec{n}dA + \int\rho\vec{g}dv + \vec{F}_{mec}$$



Regime Permanente e volume de controle que não se deforma:

$$\frac{d}{dt}\int_{vc}\rho\vec{V}dv = 0$$

Considerando propriedades constantes na seção de fluxo e que o S.C. em Y possui somente uma fronteira por onde cruza massa, a equação da q.m. fica:

$$\rho(-V_1)(-V_1)A_1 = -(\rho g v) + F_{Mec}$$

$$\rho V_1^2 A_1 = -(m_T g) + F_{Mec}$$

$$F_{Mec} = (m_T g) + \rho V_1^2 A_1$$

Da tabela A-9: $T = 20^o \rightarrow \rho = 998{,}3\,kg/m^3$

$$\left.\begin{aligned} d_1 &= 0{,}05\,m \\ M_T &= 91{,}83\,kg \\ M_{H_2O} &= 998{,}3\,kg \end{aligned}\right\} \quad F_{Mec} = 11{,}52\,kN$$

Ex 5.27) Duto com contração abrupta

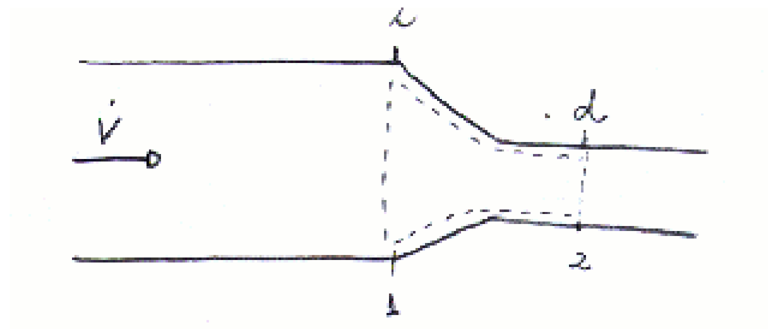
Dados:

$\dot{V}_1 = 2{,}2\,m^3/s$

$D_1 = 3{,}1\,m$

$D_2 = 1{,}2m$

$$h_L = V^2\!\Big/2g$$



Equação da Energia: $$\frac{w_{eixo}}{g} = \left(\frac{V_I^2}{2g} + z + \frac{P}{\rho g}\right)_{ent} - \left(\frac{V_I^2}{2g} + z + \frac{P}{\rho g}\right)_{sai} - h_{perdas}$$

Como não há trabalho de eixo e considerando o mesmo nível para as duas seções, a equação da energia fica:

$$\left(\frac{V_I^2}{2g} + \frac{P}{\rho g}\right)_{ent} = \left(\frac{V_I^2}{2g} + \frac{P}{\rho g}\right)_{sai} + h_{perdas}$$

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_{12}}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_L$$

$$P_1 - P_2 = \left[\frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2g} + h_L\right]\rho g$$

Sendo: $$V_1 = \frac{4\dot{V}}{\pi D_1^2} = 0{,}291\,m/s$$

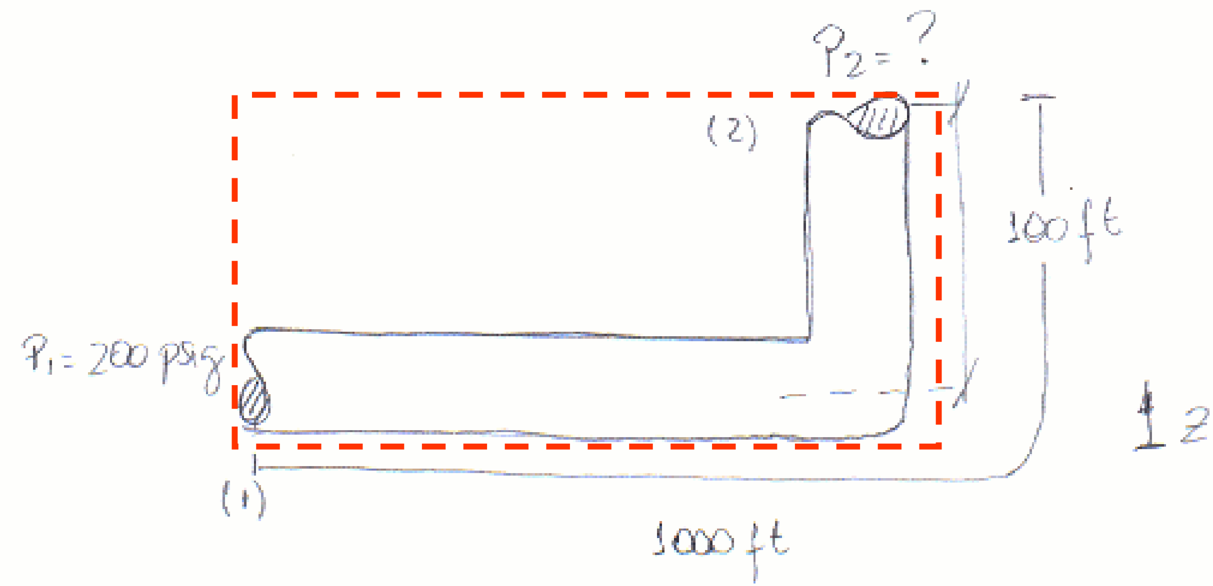
$$V_2 = \frac{4\dot{V}}{\pi D_2^2} = 1{,}945m/s$$

$$h_L = 0{,}0694\,m$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1000(1{,}945^2 - 0{,}291^2)}{2} + 1000.9{,}807.0{,}06$$

$$P_1 - P_2 = 2529{,}7\,Pa$$

Ex 5.29) Escoamento isotérmico



$$w_{eixo} = 0$$

$$V = 3\,m/s$$

$$L_{Tubo} = 304{,}8\,m$$

$$d_{Tubo} = 0{,}0254\,m$$

$$P_1 = 1{,}378x10^6\ Pa$$

$$z_2 = 30{,}48\,m$$

$$h_{perdas} = 106{,}68\,m$$

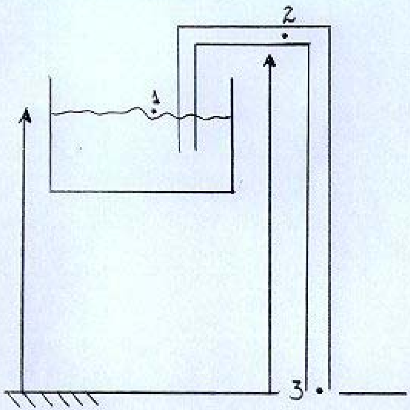
Equação da Energia – Como dos diâmetro de entrada e saída são iguais, as velocidades de entrada e saída se anulam.

$$0 = \frac{P_1}{\rho g} - z_2 - \frac{P_2}{\rho g} - h_{perda}$$

$$P_2 = P_1 - (z_2 + h_{perdas})\rho g = 1{,}378x10^6 - (30{,}48 + 106{,}68) * 1000 * 9{,}8$$

$$P_2 = 3{,}38x10^4\ Pa\ \ ou\ \ P_2 = 4{,}9\ psig$$

5.75) Resolução



$V_1 \cong 0$ m/s
$z_1 = 10$ m
$P_1 = P_{atm}$

$P_2 = P_v$
$V_2 = Q/A = 6{,}791$ m/s

$P_3 = P_{atm}$
$V_3 = V_2 = 6{,}791$ m/s

a) Qual é a altura z_2 para que a pressão $P_2 = P_v$ (2,339 kPa / 28°C)? ($h_L = 0$)

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

$$z_2 - z_1 = \frac{(P_1 - P_2)}{\rho g} - \frac{V_2^2}{2g}$$

$$z_2 - z_1 = \frac{(101{,}325 - 2{,}339)10^3}{998{,}3 \times 9{,}81} - \frac{(6{,}791)^2}{2 \times 9{,}81}$$

$$z_2 - z_1 = 7{,}76 \text{ m}$$

b) Determinando h_L, fazendo:

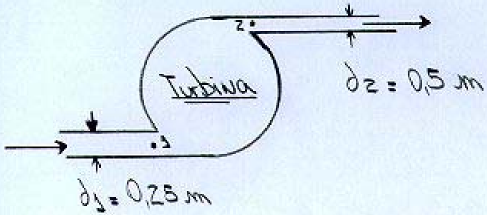
$$\cancel{\frac{P_1}{\rho g}} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \cancel{\frac{P_3}{\rho g}} + \frac{V_3^2}{2g} + z_3 + h_L$$

$P_1 = P_3 = P_{atm}$
$V_1 \cong 0$ m/s
$z_1 - z_2 = 10$ m

$V_3 = 6{,}791$ m/s

$$h_L = 10 - \frac{(6{,}791)^2}{2 \times 9{,}81} \Rightarrow h_L = 7{,}6 \text{ m}$$

532) Resolução



Dados:

$T = 10°C \rightarrow \rho = 1000\ kg/m^3$

$Q = 0,20\ m^3/s \rightarrow Q = \dfrac{\dot{m}}{\rho} \ [=]\ \dfrac{M}{T}\cdot\dfrac{L^3}{M}\ [=]\ \dfrac{L^3}{T}$ $\rightarrow \dot{m} = Q\cdot\rho$

$P_1 = 140\ kPa$

$P_2 = -30,0\ kPa$

Aplicando Equação de Energia

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho\cdot g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_L + \frac{\dot{w}}{g\cdot\dot{m}}$$

Admitindo:

$h_L = 0$

$z_1 \cong z_2$

$V_1 A_1 = V_2 A_2 = Q$

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{Q\cdot 4}{\pi d_1^2} \rightarrow V_1 = 4,07\ m/s$$

$$V_2 = \frac{Q\cdot 4}{\pi d_2^2} \rightarrow V_2 = 1,02\ m/s$$

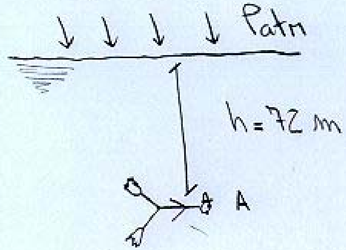
$$\dot{w} = \dot{m}\left[\frac{P_1 - P_2}{\rho} + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2}\right]$$

$$\dot{w} = 10^3\cdot 0,20\left[\frac{140\cdot10^3 + 30\cdot10^3}{10^3} + \frac{(4,07)^2 - (1,02)^2}{2}\right]$$

$$\dot{w} = 35\,552,45\ J/s$$

$$\dot{w} = 35,55\ kW$$

5.33) Resolução



$T = 5°C$

$\rho = 10^3\ kg/m^3$

$P_A = P_{atm} + \rho g h$

$P_A = 101{,}325.10^3 + 10^3 . 9{,}81 . 72$

$P_A = 807\,645\ Pa \rightarrow P_A = 7{,}97\ atm$

5.36) Resolução

Dados:

$P_{atm} = 14{,}2\ psia$

VÁCUO

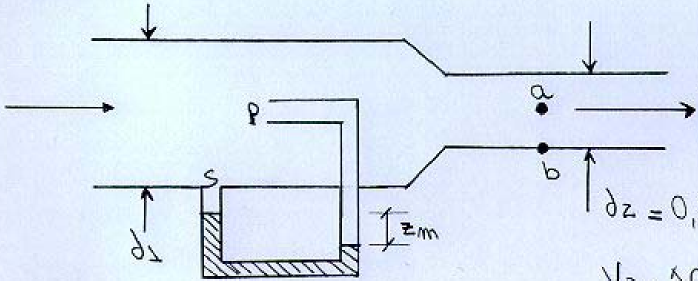
$P_{MANOM.} = -8{,}0\ in\,Hg = -3{,}9\ psig$

$P_{TANQUE} = P_{ATM} + P_{MAN}$

$= 14{,}2 - 3{,}9$

$P_{TANQUE} = 10{,}3\ psia$

5.37) Resolução



$d_2 = 0{,}15\,m$

$V_2 = 10\,m/s$

$d_1 = 0{,}3\,m$

$T = 10°C$

$d_r = 13{,}55$

a)

Sabendo que:

$$\frac{P_s}{\rho g} + \frac{V_s^2}{2g} + \cancel{z_s} = \frac{P_p}{\rho g} + \cancel{\frac{V_p^2}{2g}} + \cancel{z_p}$$

Com: $z_p = z_s$
$V_p = \text{zero}$

$$\frac{V_s^2}{2\cancel{g}} = \frac{P_p - P_s}{\rho \cancel{g}} \Rightarrow V_s^2 = 2(P_p - P_s)/\rho$$

Porém:

$$P_s + \rho_L g h = P_p \rightarrow \rho_L g z_m = P_p - P_s$$

logo:

$$V_s^2 = 2(\rho_L g z_m)/\rho$$

$$V_s^2 = 2 d_r \cdot g z_m \rightarrow z_m = \frac{V_s^2}{2 d_r g}$$

para $V_s A_s = V_2 A_2$

$$V_s = \frac{d_2^2}{d_s^2} V_2 = \frac{0{,}15^2}{0{,}30^2} \cdot 10 \rightarrow V_s = 2{,}5\,m/s$$

$$z_m = \frac{(2{,}5)^2}{2 \times 13{,}55 \times 9{,}81} \rightarrow z_m = 23{,}51\,mm$$

b) $\rightarrow z_m = 23{,}51\,mm$

c) $\rightarrow z_m = \dfrac{(10)^2}{2 \times 13{,}55 \times 9{,}81} \rightarrow z_m = 376{,}15\,mm$

d) $\rightarrow z_m = 376{,}15\,mm$

5.52 – Bombeamento de água adiabático e a regime permanente. Calcular a potência de alimentação necessária, considerando desprezível a variação de energia potencial.

Dados: $p_e = 0{,}1MPa; V_e = 1{,}0m/s$

$p_s = 1{,}0MPa; V_s = 20m/s$

$\dot{m} = 10kg/s$

1^{a} Lei para Volumes de Controle:

$$\frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{dt}} = \dot{Q} - \dot{W} + \sum m_e \left(u + \frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz \right)_e - \sum m_s \left(u + \frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz \right)_s$$

Regime Permanente: $\dfrac{dE}{dt} = 0; \dot{m}_e = \dot{m}_s$

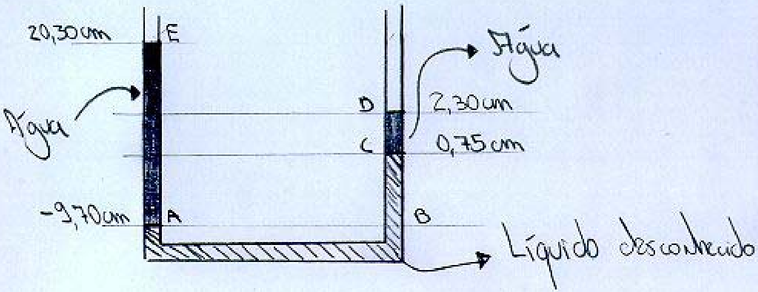
variações de temperaturas desprezíveis: $u_s = u_e$

variação de energia potencial desprezível: $\mathrm{z}_s = z_e$

$$0 = -\dot{W} + \dot{m}\left(\left(\frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} \right)_e - \left(\frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} \right)_s \right)$$

$$\Rightarrow \dot{W} = 10\left(\left(\frac{10^5}{998} + \frac{1^2}{2} \right) - \left(\frac{10^6}{998} + \frac{20^2}{2} \right) \right) = -11{,}01kW$$

5.38) Resolução



$$P_A = P_B$$

$$\cancel{P_E} + h \cdot \cancel{g} \cdot \rho = h_L \cdot \cancel{g} \, \rho_L + h_C \cdot \rho \cdot \cancel{g} + \cancel{P_D}$$

$$P_E = P_D = P_{ATM}$$

com: $h = 30\,cm$
$h_C = 1{,}55\,cm$
$h_L = 10{,}45\,cm$
$\rho = 10^3\,Kg/m^3$

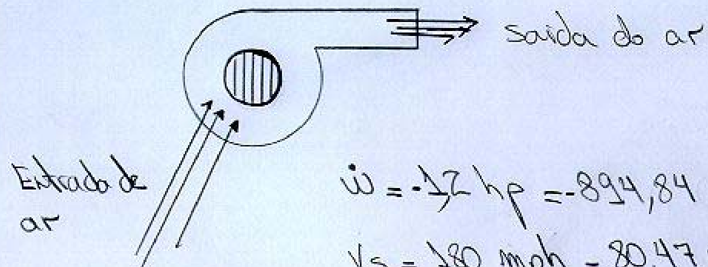
$$\rho_L = \frac{h \cdot \rho - h_C \cdot \rho}{h_L}$$

$$\rho_L = 10^3 \left(\frac{30 - 1{,}55}{10{,}45} \right)$$

$$\rho_L = 2722{,}49\ Kg/m^3 \quad \text{ou}$$

$$\rho_L = 2{,}722 \cdot \rho_{H_2O}$$

5.50) Resolução



$$\dot{W} = -1{,}2\ hp = -894{,}84\ W$$

$$V_S = 180\ mph = 80{,}47\ m/s$$

$$h_L = 0$$

Aplicando:

$$\cancel{\frac{P_1}{\rho g}} + \cancel{\frac{V_1^2}{2g}} + \cancel{z_1} = \cancel{\frac{P_2}{\rho \cdot g}} + \frac{V_2^2}{2g} + \cancel{z_2} + \cancel{h_L} + \frac{\dot{W}}{\dot{m} g}$$

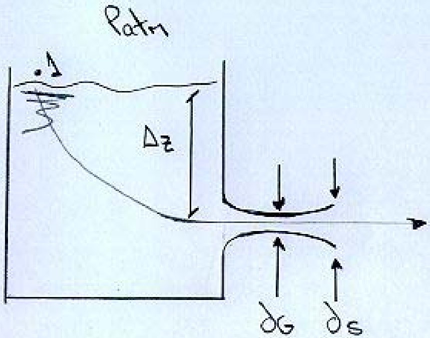
$P_1 = P_2 = P_{atm}$
$z_1 \cong z_2$
$V_1 = \text{zero}$

$$\frac{V_2^2}{2g} = -\frac{\dot{W}}{\dot{m} g} \rightarrow \dot{m} = -\frac{\dot{W}\,2}{V_2^2}$$

$$\dot{m} = \frac{894{,}84 \cdot 2}{(80{,}47)^2} \longrightarrow \underline{\dot{m} = 0{,}28\ Km/s}$$

$$\underline{\dot{m} = 0{,}6\ lbm/s}$$

5.45) Resolução



$d_S = 2{,}5\, d_G$

$T = 30°C$

Determinando V_S:

$$\cancel{\frac{P_1}{\rho g}} + \cancel{\frac{V_1^2}{2g}} + z_1 = \cancel{\frac{P_S}{\rho g}} + \frac{V_S^2}{2g} + z_S$$

$P_1 = P_S = P_{atm}$

$V_1 \cong$ zero.

$$V_S = \sqrt{2g\,\Delta z} \qquad (A)$$

Determinando Δz:

$$\frac{P_G}{\rho \cancel{g}} + \frac{V_G^2}{2\cancel{g}} + \cancel{z_G} = \frac{P_S}{\rho \cancel{g}} + \frac{V_S^2}{2\cancel{g}} + \cancel{z_S}$$

Com: $z_G = z_S$

$P_G = P_{vapor} = 4{,}246 \cdot 10^3\ Pa$

$$A_G \cdot V_G = A_S V_S \rightarrow V_G = \frac{A_S V_S}{A_G}$$

$$A_S = \frac{\pi d_S^2}{4}$$

$$\frac{A_S}{A_G} = \frac{d_S^2}{d_G^2} = \frac{(2{,}5 \cdot d_G)^2}{d_G^2} = 2{,}5^2$$

$$A_G = \frac{\pi d_G^2}{4}$$

$$\frac{4{,}246 \cdot 10^3 - 101{,}325 \cdot 10^3}{10^3} = \frac{V_S^2 - V_G^2}{2}$$

$$\frac{V_S^2 - V_G^2}{2} = \frac{V_S^2 - \left[(2{,}5)^2 \cdot V_S\right]^2}{2} = \frac{V_S^2}{2}\left(1 - 2{,}5^4\right)$$

$$V_S = 2{,}26\ m/s \xrightarrow{(A)} \Delta z = 0{,}26\ m$$

5.53 – Calcular a potência máxima que uma turbina hidráulica pode produzir, dadas a altura de elevação e a vazão.

Dados: $z_e - z_s = 100m$

$$Vazão = 100m^3/s = \frac{\dot{m}}{\rho} \Rightarrow \dot{m} = 100000 kg/s$$

1^{a} Lei para Volumes de Controle:

$$\frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{dt}} = \dot{Q} - \dot{W} + \sum m_e\left(u + \frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz\right)_e - \sum m_s\left(u + \frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz\right)_s$$

Regime Permanente: $\frac{dE}{dt} = 0; \dot{m}_e = \dot{m}_s$

variação de temperatura despreziveis: $u_s = u_e$

pressão atmosférica atua na saída e na entrada do VC: $p_s = p_e$

variação de energia cinética desprezível: $\mathrm{V}_s = V_e$

$$0 = -\dot{W} + \dot{m}g\left(z_e - z_s\right)$$

$$\Rightarrow \dot{W} = 100000 \cdot 9{,}81 \cdot (100) = 98{,}1MW$$

5.55 – Calcular a potência produzida por uma turbina a vapor adiabática operando em regime permanente.

Dados: $p_e = 5{,}0MPa; T_e = 600^{o}C; V_e = 30m/s$

$p_e = 7{,}5kPa; x = 0{,}95; V_s = 100m/s$

$\dot{m} = 500kg/s$

1^{a} Lei para Volumes de Controle:

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \sum m_e\left(u + \frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz\right)_e - \sum m_s\left(u + \frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz\right)_s$$

Adiabático: $\dot{Q} = 0$

Regime Permanente: $\frac{dE}{dt} = 0; \dot{m}_e = \dot{m}_s$

variação de altura desprezível: $z_e = z_s$

$$0 = -\dot{W} + \dot{m}g\left(z_e - z_s\right)$$

$$\Rightarrow \dot{W} = 100000 \cdot 9{,}81 \cdot (100) = 98{,}1MW$$

O estado na entrada é vapor superaquecido. Tab. A.1-3: $h_e = 3666{,}5kJ/kg$;

O estado na saída é mistura líquido-vapor com $x = 0{,}95$.

Tab. A.1-2: $h_l = 168{,}97kJ/kg$; $h_v = 2574{,}8kJ/kg$

$$h_s = 0{,}05 \cdot 168{,}97 + 0{,}95 \cdot 2574{,}8 = 2454{,}5kJ/kg$$

Substituindo os valores na 1ª Lei:

$$0 = 0 - \dot{W} + 500\left(\left(3665{,}8 - 2454{,}5\right)\cdot 10^3 + \frac{30^2 - 100^2}{2}\right)$$

A potência fornecida pela turbina é:

$$]\dot{W} = 603{,}4MW$$

5.60 – Comparar o trabalho produzido em um processo reversível em regime permanente com variações desprezíveis de energia cinética e potencial com os trabalhos necessários para comprimir um sistema formado de uma unidade de massa entre os mesmos limites de pressão para os seguintes casos:

a) Um processo isotérmico (T_1=T_2=T) reversível

Para um gás ideal, $pv = RT \Rightarrow v = \dfrac{RT}{p}$.

$$\frac{\dot{w}}{\dot{m}} = -\int v dp = -\int \frac{RT}{p} dp = -RT\left(\ln p_2 - \ln p_1\right) = RT \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$$

b) Um processo adiabático (Q=0) reversível

Para um gás ideal, $pv^{\gamma} = cte = p_1 v_1^{\gamma} = p_2 v_2^{\gamma}$

$$\frac{\dot{w}}{\dot{m}} = -\int v dp = -\underbrace{p_1^{1/\gamma} v_1}_{cte} \int_1^2 \frac{1}{p^{1/\gamma}} dp = -p_1^{1/\gamma} v_1 \left(\frac{p^{1-1/\gamma}}{1-1/\gamma} \right)_1^2$$

$$\frac{\dot{w}}{\dot{m}} = \frac{-\overbrace{p_1^{1/\gamma} v_1}^{p_2^{1/\gamma} v_2}}{1-1/\gamma} \left(p_2^{1-1/\gamma} - p_1^{1-1/\gamma} \right) = \frac{-1}{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} \left(p_2^{1-1/\gamma} p_2^{1/\gamma} v_2 - p_1^{1-1/\gamma} p_1^{1/\gamma} v_1 \right)$$

$$\frac{\dot{w}}{\dot{m}} = \frac{\gamma}{1-\gamma} \left(p_2 v_2 - p_1 v_1 \right)$$

5.64 – Calcular o trabalho por unidade de massa realizado na compressão de refrigerante R-12. O processo é adiabático e reversível, em regime permanente. As variações de energia cinética e potencial podem ser desprezadas. Dados:

1ª Lei para Volumes de Controle:

$$\frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{dt}} = \dot{Q} - \dot{W} + \sum m_e \left(u + \frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz \right)_e - \sum m_s \left(u + \frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz \right)_s$$

que se reduz, após a aplicação das hipóteses acima, a:

$$\frac{\dot{W}}{\dot{m}} = \left(h_e - h_s \right)$$

Estado 1: vapor saturado a 0º C.

Da tab. A-2: $p_{sat=} 0{,}3086 MPa; h_e = 187{,}397 kJ/kg; s_e = 0{,}696 kJ/kg \cdot K$

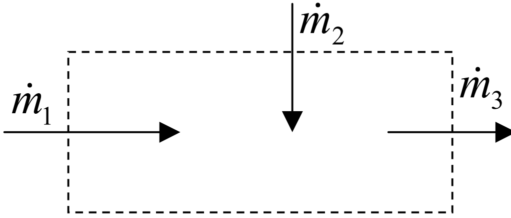
Processo adiabático e reversível = processo isoentrópico $\rightarrow s_s = s_e = 0{,}696 kJ/kg \cdot K$

Da Tab. A-2.2, p = 1,60MPa, $s = 0{,}696 kJ/kg \cdot K$ para T = 70º C $\rightarrow \mathrm{h_e} = 216{,}650 kJ/kg$

Assim:

$$\frac{\dot{W}}{\dot{m}} = \left(187{,}397 - 216{,}650 \right) = -29{,}25 kJ/kg$$

5.70 – Determinar a vazão mássica de água de resfriamento em um condensador de vapor. Hipóteses: regime permanente, variações desprezíveis de energia cinética e potencial.



Dados:

$T_1 = 150^{o}C; p_1 = 10^5 Pa; \dot{m}_1 = 0{,}1 kg/s; h_1 = 2776{,}4 kJ/kg (Tab.A.1-3)$

$T_2 = 25^{o}C; p_2 = 10^5 Pa; h_2 = 100 kJ/kg; \dot{m}_2 = ?$

$T_3 \approx 47{,}5^{o}C (TabA-1.2\ para\ p_3$ e $h_3; p_2 = 10^5 Pa; h_3 = 200 kJ/kg; \dot{m}_3 = \dot{m}_1 + \dot{m}_2$

Conservação da massa:

$$-\dot{m}_1 - \dot{m}_2 + \dot{m}_3 = 0 \Rightarrow \dot{m}_3 = \dot{m}_1 + \dot{m}_2$$

1ª Lei para Volumes de Controle:

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \sum m_e \left(u + \frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz \right)_e - \sum m_s \left(u + \frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz \right)_s$$

que se reduz, após a aplicação das hipóteses acima, a:

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) h_3 \Rightarrow \dot{m}_2 = \frac{\dot{m}_1 (h_3 - h_1)}{h_2 - h_3} = \frac{0{,}1(200 - 2776{,}4)}{100 - 200} \Rightarrow \dot{m}_2 = 2{,}576 kg/s$$

5.72 – Determinar o que representam as áreas sob os gráficos dos ciclos Rankine (Fig. 5.16) e de compressão a vapor (Fig 5. 20)

A área interna do ciclo é $\oint_{\text{ciclo}} \text{Tds} = Q_{rev}$, para um ciclo ideal.

No caso do ciclo Rankine, a linha de 2 a 3A representa o calor fornecido (positivo), e de 4A a 1 representa o calor cedido (negativo). Então a área do gráfico representa o calor líquido, que num ciclo é igual ao trabalho líquido.

A mesma idéia se aplica ao caso do ciclo de compressão a vapor, em que a linha de 2 a 3 representa o calor cedido (negativo), a e a linha de 4 a 1 representa o calor fornecido (positivo). Assim, o calor líquid e consequentemente o trabalho líquido, são negativos.