

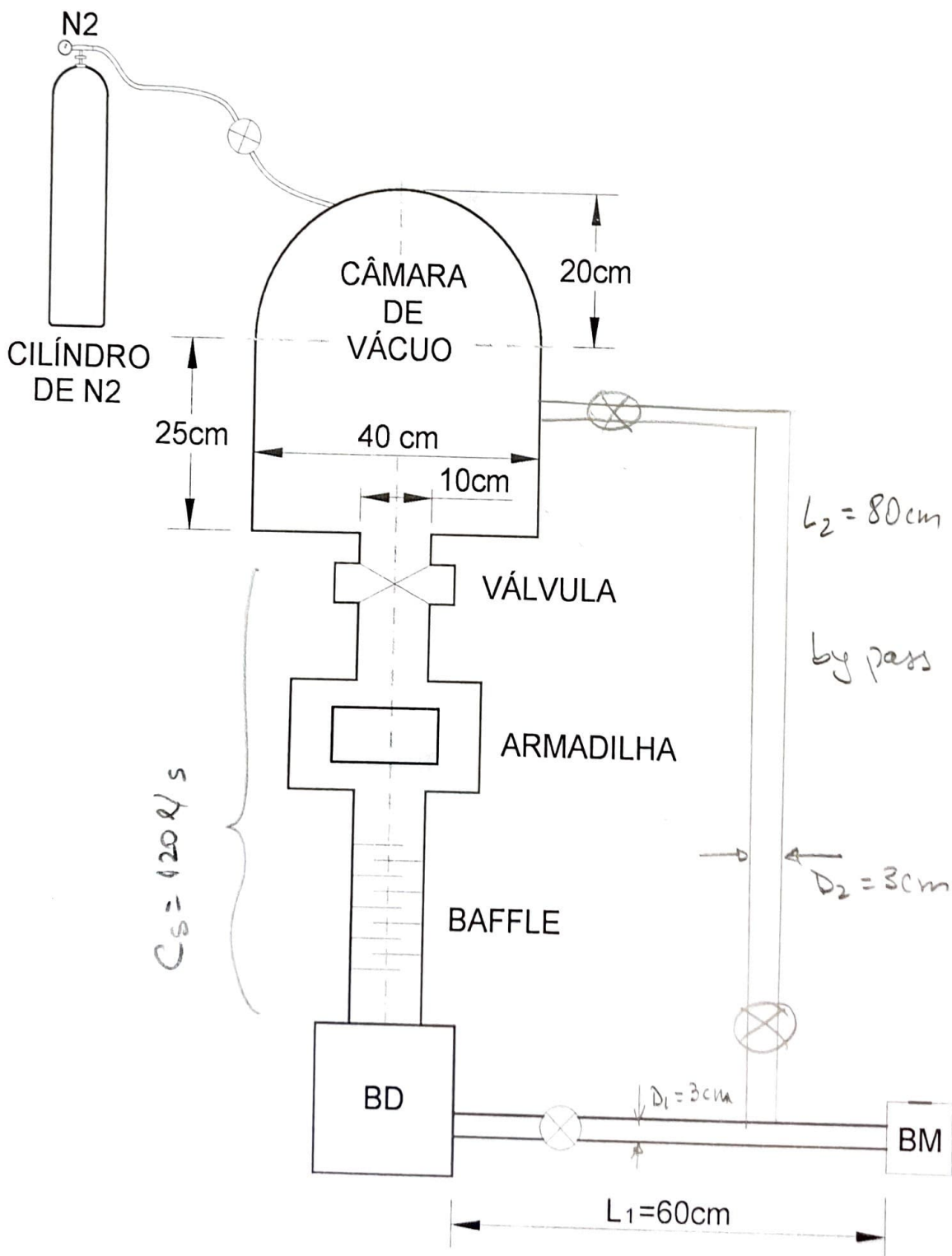
- 2022 -

28/06/22

Avisos - Lista Molfow 8/07
Relatório pdf.

Sistema de Vácuo - Exemplo II

Considere o sistema da figura abaixo
A pressão do sistema deve ser 10^{-6} Torr



A campânula é de pyrex[®], sendo que a base é de metal

As taxas de desgasificação são:

$$\begin{cases} q_p = 10^{-8} \frac{\text{Torr l}}{\text{s cm}^2} & (\text{Pyrex}) \\ q_m = 10^{-9} \frac{\text{Torr l}}{\text{s cm}^2} & (\text{metal}) \end{cases}$$

Pressão na traçeira da BD $P_F = 10^{-1}$ Torr

$$D_1 = D_2 = 30 \text{ cm} \quad L_1 = 60 \text{ cm} \quad L_2 = 80 \text{ cm}$$

Tempo para fazer pré-vácuo fixado em ~ 20 min
obrigatório a utilização do "by pass"

Ⓐ Calculo do volume e áreas da câmara

$$V = \frac{V_{\text{sfera}}}{2} + \text{Volume do cilindro}$$

$$V = \frac{1}{2} \frac{4}{3} \pi R^3 + \pi R^2 H$$

$$V = 16746 + 31400 = 48146 \text{ cm}^3 \equiv 48 \text{ litros}$$

$$\text{Área 1} = \text{cilindro} + \frac{\text{sfera}}{2} = 2\pi R H + \frac{1}{2} 4\pi R^2$$

$$A_1 = 2\pi(20)(25) + \frac{1}{2} 4\pi(20)^2$$

$$A_1 = 3142 + 2513 = 5655 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = (\text{base}) = \pi R_1^2 - \pi R_2^2$$

$$A_2 = \pi(20)^2 - \pi(5)^2 = 1257 - 78,5$$

$$\boxed{A_2 = 1177 \text{ cm}^2}$$

(b)

$$Q_{TOTAL} = Q_{degas 1} + Q_{degas 2}$$

(2)

$$Q_{TOTAL \text{ DESGASEIFICAÇÃO}} = q_1 A_1 + q_2 A_2$$

$$Q_{degas} = 10^{-8} \times 5655 + 10^{-9} \times 1177$$

$$Q_{degas} = 5,8 \times 10^{-5} \frac{\text{Torr l}}{\text{s}}$$

(c) Admitindo que esse seja o throughput máximo do sistema de vácuo, temos:

$$Q = P S$$

$$S_{efBD} = \frac{5,8 \times 10^{-5}}{10^{-6}} \approx 58 \text{ l/s}$$

(d) A condutância dos componentes é um dado do problema, uma vez que foi calculada durante o projeto do sistema.

$$C_s \approx 120 \text{ l/s}$$

então

$$S_{BD} = \frac{S_{efBD} \cdot C}{C - S_{efBD}} = \frac{58 \times 120}{120 - 58} \approx 112 \text{ l/s}$$

O diâmetro da bomba difusora será:

$$S_{BD} = 50\% C_0 = \frac{1}{2} 9 D^2 = 4,5 D^2$$

então: $112 = 4,5 D^2$

$$\therefore D = 5 \text{ cm}$$

(2)

e) Considerando que o throughput seja conservado, então

$$Q_1 = Q_2$$

Cálculo da Bomba Mecânica

$$P_F = 10^{-1} \text{ Torr}$$

$$Q = 7 \text{ S}$$

$$5,8 \times 10^{-5} = 10^{-1} S_{\text{ef BM}}$$

$$S_{\text{ef BM}} = 5,8 \times 10^{-4} \text{ l/s}$$

ou seja, para manter o sistema em funcionamento é necessário uma bomba mecânica "muito pequena" (INEXISTENTE).

f) Se for usada essa bomba para bombear desde a pressão atmosférica até 10^{-1} Torr, o tempo será de:

$$t = \frac{V}{S} \ln \frac{P_0}{P_1} \quad \text{pois} \quad P = P_0 e^{-\frac{S}{V}t}$$

$$\text{então} \quad t = \frac{48}{5,8 \times 10^{-4}} \ln \frac{760}{10^{-1}}$$

$$t = 8,5 \text{ dias}$$

Demoraria 8 dias para atingir o pré-vácuo!

A condutância $C_s = 120 \text{ l/s}$ não apresenta nenhum problema.

Vamos considerar o tempo fixado em 20 minutos

$$S_{\text{ef BM}} = \frac{V}{t} \ln \frac{760}{10^{-1}} = \frac{48}{1200} \ln \frac{760}{10^{-1}} \Rightarrow S_{\text{ef BM}} = 0,35 \text{ l/s}$$

$$S_{\text{ef BM}} = 21 \text{ l/min}$$

$$\text{ou} \quad S_{\text{ef BM}} \approx 1,3 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

3) Cálculo de S_{em} (considerando $C_s = 120 \text{ g/l}$)

• Na traçagem da DD.

Supondo regime molecular.

$$C_{molecular} = \frac{12D^3}{L} = \frac{12(3)^3}{60} \Rightarrow \boxed{C = 5,4 \text{ g/s}}$$

$$\text{então } S_{em} = \frac{C_s \cdot C_{em}}{C - C_{em}} = \frac{5,4 \cdot 0,85}{5,4 - 0,35}$$

$$\boxed{S_{em} = 0,37 \text{ l/s}} \quad \approx \quad \boxed{1,3 \text{ m}^3/\text{h}}$$

4) Mas, o regime não é molecular, pois

$DP = 3 \times 10^{-3} < 0,3$ \Rightarrow Regime intermediário

$$C_{int} = C_m \left(0,074 \frac{D}{\lambda} + 1 \right) \quad \lambda = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ (cm)}}{P(\text{atm})}$$

$$\lambda = \frac{5 \times 10^{-3}}{10^{-1}} = 5 \times 10^{-2} \text{ cm}$$

$$\text{então } C_{int} = \frac{12D^3}{L} \left(0,074 \frac{D}{\lambda} + 1 \right)$$

$$C_{int} = 5,4 \left(0,074 \frac{(3)}{5 \times 10^{-2}} + 1 \right) \Rightarrow \boxed{C_{int} = 29 \text{ g/s}}$$

$$\therefore \boxed{S_{BM} = 0,35 \text{ l/s}}$$

Estimada a partir do tempo de 20 min.

$$\boxed{S_{BM} = 21 \text{ l/min}}$$

$$\text{ou } \boxed{S_{BM} = 1,3 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

i) Análise do by pass

$$P_0 = 700 \text{ Torr} \Rightarrow P_f = 10^{-1} \text{ Torr}$$

Qual o regime? $DP = 3 \times 10^{-1} \sim 0,3 \text{ cm Torr}$

\therefore Regime intermediário na pior situação pois

P varia de 700 a 10^{-1} Torr, e no regime viscoso as condutâncias são enormes.

Na pior condição $C_{int} = C_m \left(0,0 + 4 \frac{D}{\lambda} + 1 \right)$

5,44

$$C_m = \frac{12 D^3}{L} = \frac{12 (3)^3}{80} = 4 \text{ l/s}$$

então $C_{int} \approx 22 \text{ l/s}$

Essa condutância é muito maior do que a velocidade da bomba mecânica $S_{BM} = 0,35 \text{ l/s}$

$$\therefore S_{BM} = 0,35 \text{ l/s}$$

$$S_{BM} = 21 \text{ l/min}$$

Observações

- ① Supondo um vazamento real com furo de $D = 10^{-5}$ cm.

$$C = 90^2 = 9(10^{-5})^2 = 9 \times 10^{-10} \text{ l/s}$$

$$|Q = C \Delta P|$$

$$Q = \underbrace{9 \times 10^{-10}}_C \times \underbrace{700}_{P_0}$$

$$Q = 6,3 \times 10^{-7} \frac{\text{Torrl}}{\text{s}}$$

Ou seja, esse vazamento é bem menor do que a taxa de desgasificação da câmara.

$$Q = 5,8 \times 10^{-5} \frac{\text{Torrl}}{\text{s}}$$

Em todo sistema de vácuo deve ser observado o aspecto da limpeza. As taxas devidas à desoxidação térmica podem ser altas.

2) Supondo agora um vazamento real
com $D = 10^{-4} \text{ cm}$ ($1 \mu\text{m}$)

$$C = 9D^2 = 9(10^{-4})^2 = 9 \times 10^{-8} \text{ l/s}$$

$$Q = C \Delta P \Rightarrow Q = 9 \times 10^{-8} (700) = 6,3 \times 10^{-5} \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

$$P_{\text{res}} = \frac{\sum Q_i}{S_{BD}} = \frac{5,8 \times 10^{-5} + 6,3 \times 10^{-5}}{58}$$

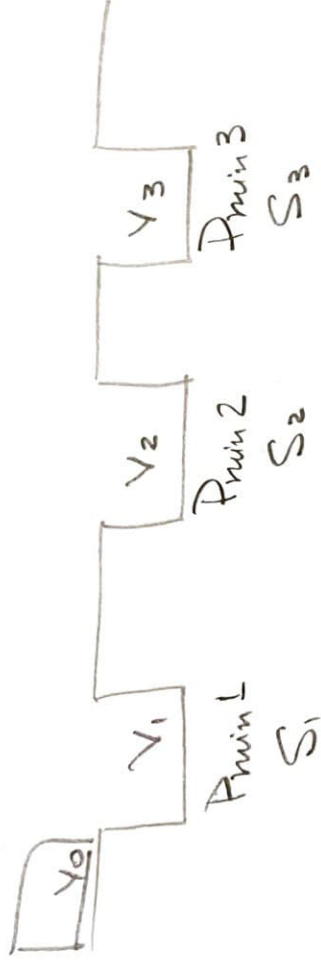
$$P_{\text{res}} = 2,1 \times 10^{-6} \text{ Torr}$$

Mesmo com esse vazamento, não há muita interferência na pressão final.

No entanto, é bom estar atento para a limpeza do sistema.

Depósito de Vácuo

Produção Industrial



Esse sistema é usado para atingir pressões baixas em pouco tempo

Suposição $\frac{\text{Gracientes}}{\text{min}} \rightarrow 1$ recipiente / 10 s

$$V = V_0 + V_1$$

Qual o valor equivalente de S_1 , S_2 e S_3 ?

Desprezando o tempo de passagem entre as bombas e possíveis vazamentos.

$$P = P_0 e^{-\frac{S}{V}t} \Rightarrow t = \frac{V}{S} \ln \frac{P_0}{P}$$

Ao atingir a posição V_1 , a pressão final será reduzida. (Lei de Boyle)

$$S_1 = \left(\frac{V_0 + V_1}{10} \right) \ln \frac{P^*}{P_{\text{min}1}} ; (V_0 + V_1) P^* = P_0 V_0 + P_{\text{min}1} V_1$$

$$S_2 = \left(\frac{V_0 + V_2}{10} \right) \ln \frac{P^{**}}{P_{\text{min}2}} ; (V_0 + V_2) P^{**} = P^* V_0 + P_{\text{min}2} V_2$$

$$S_3 = \left(\frac{V_0 + V_3}{10} \right) \ln \frac{P^{***}}{P_{\text{min}3}} ; (V_0 + V_3) P^{***} = P^{**} V_0 + P_{\text{min}3} V_3$$

Exemplo:

$$V_0 = 1 \text{ l}$$

$$V = 100 \text{ l}$$

$$P_{\text{min}} = 10^{-3} \text{ Torr}$$

$$P^* = \frac{P_0 V_0 + P_{\text{min}} V_1}{V_0 + V_1} \Rightarrow P^* = \frac{700 \cdot 1 + 10^{-3} (100)}{101} = 7 \text{ Torr}$$

$$S_1 = \frac{(V_0 + V_1)}{10} \ln \frac{P^*}{P_{\text{min}}} = \left(\frac{101}{10} \right) \ln \frac{7}{10^{-3}} = 89 \text{ l/s}$$

$$P^{**} = \frac{7 \times 1 + 10^{-3} \times 100}{101} = 0,07 \text{ Torr}$$

$$S_2 = \frac{101}{10} \ln \frac{0,07}{10^{-3}} = 42 \text{ l/s}$$

$$P^{***} = \frac{0,07 \times 1 + 10^{-3} \times 100}{101} = 2 \times 10^{-3} \text{ Torr}$$

$$S_3 = \frac{101}{10} \ln \frac{(2 \times 10^{-3})}{10^{-3}} = 7 \text{ l/s}$$

Comparações

$$V_0 = 1 \text{ l}$$

$$t = 10 \text{ s}$$

$$S = 1 \text{ l/s}$$

$$P = P_0 e^{-\frac{S}{V} t} + P_{\text{res}}$$

$$P = 700 \times e^{-\frac{1}{1} \times 10} + P_{\text{res}}$$

$$P = 3 \times 10^{-2} \text{ Torr} + P_{\text{res}}$$

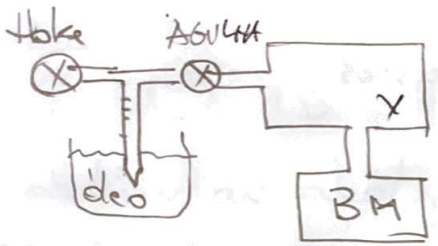
$$P(t) = P_0 e^{-\frac{S}{V} t}$$

$$t = \frac{V}{S} \ln \frac{P_0}{P}$$

$$t = \frac{1}{1} \ln \frac{700}{10^{-3}}$$

$$\Rightarrow t = 13,5 \text{ s}$$

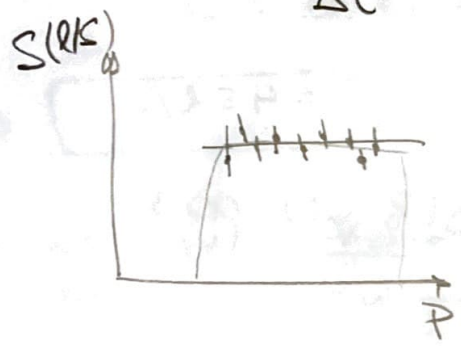
Método da Pipete



cronômetro
 leitura usual do fluxo de óleo

$$Q = PS = P_{atm} \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow S = \frac{P_{atm} \Delta V}{P_s \Delta t}$$



$$P_{res} = \frac{Q_{deg}}{S} \quad Q_{deg} = S P_{res}$$

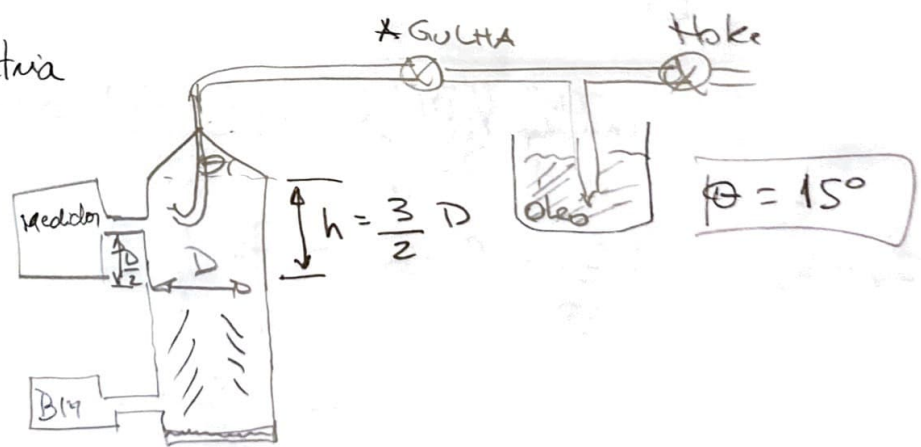
$$S P_s = P_{atm} \frac{\Delta V}{\Delta t} + S P_{res}$$

$$S(P_s - P_{res}) = P_{atm} \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$S = \frac{P_{atm} \Delta V}{P_s - P_{res} \Delta t}$$

Medir Pres com
 todas as
 válvulas fechadas
 antes e depois das
 medidas

Geometria



Exercício 13 - UFRJ 3

Analise o escoamento de líquidos rebaixados verticalmente de 10^{-4} cm acima do throughput injetado no sistema da placa. O modelo permite obter pontos de alta injetados no sistema.

Dados

$$D = 1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m} = 10^{-4} \text{ cm}$$

$$P_c = 3 \times 10^{-4} \text{ Torr}$$

$$S = 45 \text{ K/s}$$

sem injetado

$$D = P_S = P_c \frac{\Delta Y}{\Delta t}$$

(i) única fonte de gás

com injetado

$$P_S = P_c \frac{\Delta Y}{\Delta t} = D_{\text{atm}} \cdot P_c$$

$$P_S = P_c \frac{\Delta Y}{\Delta t} + C(P_{\text{atm}} - P_c) \rightarrow \text{pressão}$$

$$P_S = P_c \frac{\Delta Y}{\Delta t} + C P_{\text{atm}} \text{ (ii)}$$

Subtraindo (i) - (i)

$$P(S_V - S) = P_c \frac{\Delta Y}{\Delta t} + C P_{\text{atm}} - P_c \frac{\Delta Y}{\Delta t}$$

$$P(S_V - S) = C P_{\text{atm}} \Rightarrow S_V - S = \frac{C P_{\text{atm}}}{P}$$

$$\frac{S_V - S}{S} = \frac{C P_{\text{atm}}}{P_S}$$

$$\frac{S_V - S}{S} \times 100 = \frac{C P_{\text{atm}}}{P_S} \times 100$$

(a)

Para um comprimento de 10^{-4} cm

$$C = qD^2 \quad (\text{regime molecular})$$

Para o regime viscoso $P_2 < 0,1 P_1$

$$C = 20A = \frac{20 \pi D^2}{4} \sim \underline{\underline{15D^2}}$$

então

$$100 \frac{(Sv-S)}{S} = \frac{q (10^{-4})^2 \times 700 \times 100}{3 \times 10^{-4} \times 45} \sim 0,5^{\circ}b$$

(b)

Para uma pressão

$$P_s = 10^{-5} \text{ Torr, } k_{\text{trans}}:$$

$$100 \frac{(Sv-S)}{S} = \frac{C \frac{P_{\text{atm}}}{P_s} \times 100}{P_s}$$

$$100 \frac{(Sv-S)}{S} = \frac{q (10^{-4})^2 \times 700 \times 100}{10^{-5} \times 45} = 0,14$$

\therefore diferença de 14%