

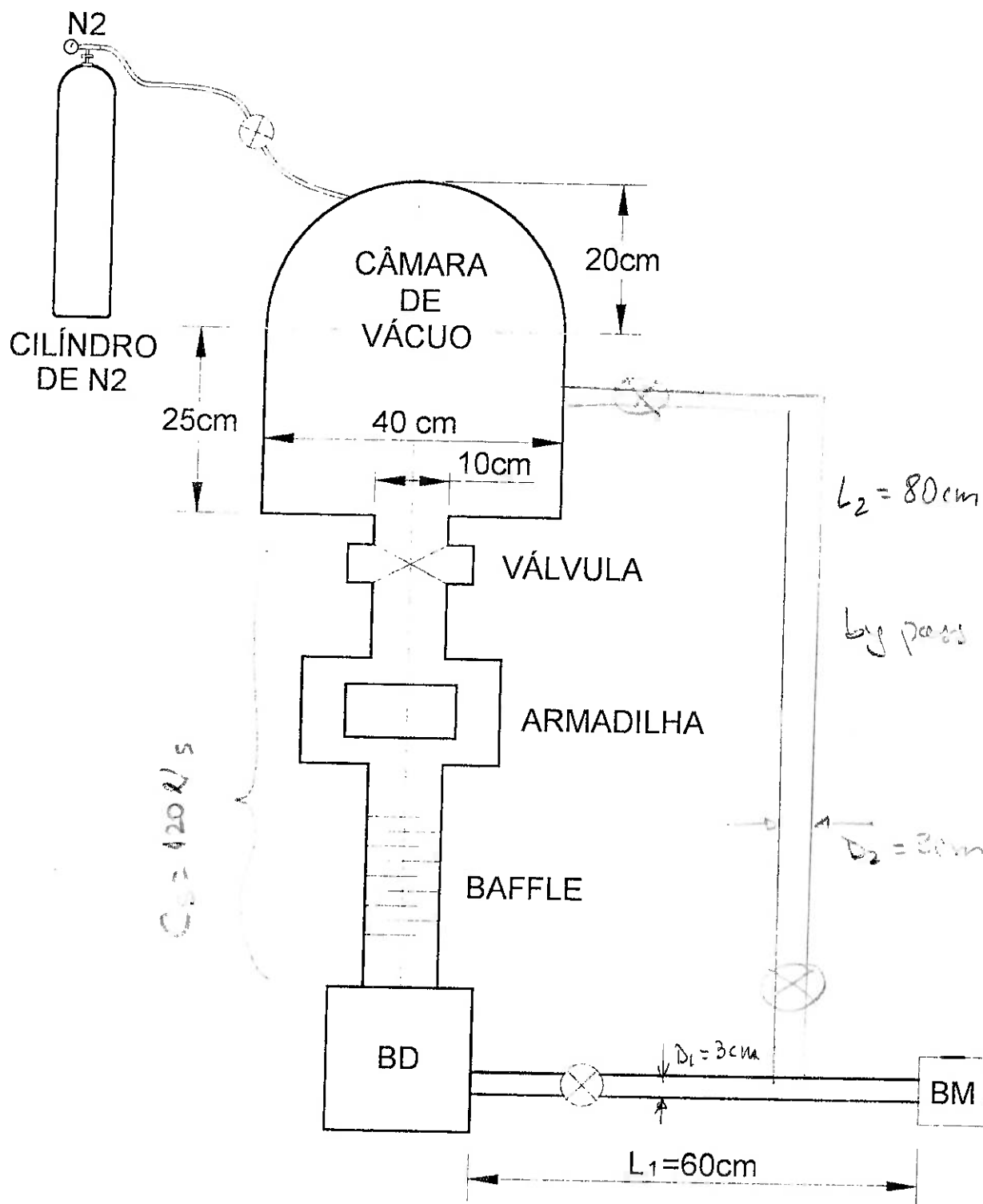
AVISOS - Lista de Exercícios 8/09
Revisão pdf.

2024

Sistema de Vácuo - Exemplo II

Considere o sistema de vácuo a seguir

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:

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

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

$$D_1 = D_2 = 3 \text{ cm} \quad L_1 = 60 \text{ cm} \quad L_2 = 80 \text{ cm}$$

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

a) Cálculo do volume e áreas da câmara

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

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

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

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

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

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

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

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

$$A_2 = 1178 \text{ cm}^2$$

1

(b) $Q_{TOTAL} = Q_{degas 1} + Q_{degas 2}$

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

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

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

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

$Q = PS$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ou seja, para manter o sistema em funcionamento é necessária 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:

$$t = \frac{V}{S} \ln \frac{P_0}{P_1}$$

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

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

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

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

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

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

$$\text{ou } S_{\text{fBM}} \approx 1,3 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

3
g) Cálculo de S_{BM} (considerando $C_s \sim 120 \text{ l/s}$)

• Na traçeira da BD.

Supondo regime molecular.

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

$$\text{então } S_{BM} = \frac{C \times S_{efBM}}{C - S_{efBM}} = \frac{5,4 \times 0,35}{5,4 - 0,35}$$

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

h) Mas, o regime não é molecular, pois:

$$DP = 3 \times 10^{-1} \approx 0,3 \text{ Torr cm} \quad \text{Regime intermediário}$$

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

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

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

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

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

Estimado a partir do tempo de 20 min.

$$\boxed{S_{BM} = 21 \text{ l/min}} \quad \text{ou} \quad \boxed{S_{BM} = 1,3 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

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 $C_{int} = C_m \left(0,0 + \underbrace{4 \frac{D}{\lambda}}_{5,44} + 1 \right)$

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

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

4

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

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

$$\boxed{Q = C \Delta P}$$

$$Q = \underbrace{9 \times 10^{-10}}_C \times \underbrace{700}_{P_0} \Rightarrow \boxed{Q = 6,3 \times 10^{-7} \frac{\text{Torr l}}{\text{s}}}$$

ou seja, esse vazamento é bem menor do que a taxa de desgasificação da câmara. $\boxed{Q = 5,8 \times 10^{-5} \frac{\text{Torr l}}{\text{s}}}$

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

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

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

$$Q = C \Delta P \Rightarrow Q = \underbrace{9 \times 10^{-8}}_C \underbrace{(700)}_{P_0} = 6,3 \times 10^{-5} \frac{\text{Torr} \cdot \text{l}}{\text{s}}$$

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

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

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

Novamente, é bom estar atento para a limpeza do sistema.