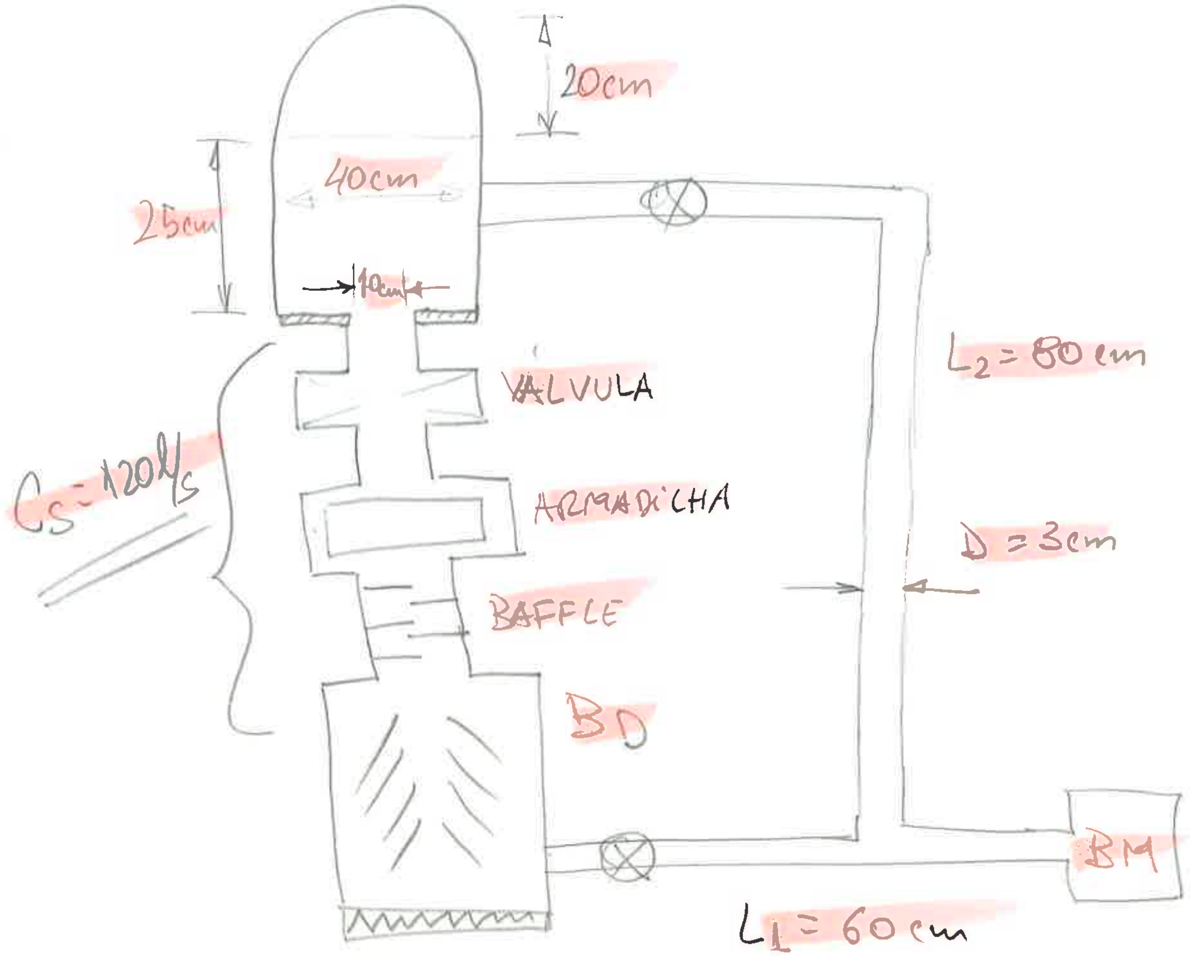
Sistema de vácuo.

EXEMPLO II



A pressão de trabalho deve ser $P = 10^{-6}$ Torr

A campânula é de metal (mild steel) chromium plated (chapeado)
aço mole polished

$$q_{METAL} = 10^{-8} \frac{\text{Torr } l}{\text{s cm}^2}$$

$$q_{Al} = 10^{-9} \frac{\text{Torr } l}{\text{s cm}^2}$$ (Alumínio)

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

$D_1 = D_2 = 3$cm $L_1 = 60$cm $L_2 = 80$cm

Tempo para fazer pré-vácuo fixado em 20 min

obrigatório a utilização do by pass.

Ⓐ Cálculo das áreas e volumes envolvidos:

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

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

$$= \frac{1}{2}\,\frac{4}{3}\pi (20)^3 + \pi (20)^2\, 25$$

$$= 16746 + 31400 = 48146\ cm^3 = 48\ \ell$$

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

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

$$A_1 = 3142 + 2513 = 5655\ cm^2$$

$$\text{Área } 2 = \text{base de alumínio} = \pi R_1^2 - \pi R_2^2$$

$$= \pi (20)^2 - \pi (5)^2$$

$$= 1257 - 78{,}5 = 1177\ cm^2$$

Ⓑ CÁLCULO DA Desgaseificação

$$Q_{degas} = q_1 A_1 + q_2 A_2 = 10^{-8}(5655) + 10^{-9}(1177)$$

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

(C) Admitindo que esse seja o máximo throughput do sistema, temos:

$$Q = PS$$

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

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

$$\boxed{C_S = 120\ \ell/s}$$

então $$S_{BD} = \frac{S_{eff\,BD} \cdot C}{C - S_{ef\,BD}} = \frac{58 \times 120}{120 - 58} = \boxed{112\ \ell/s}$$

O diâmetro da bomba difusora será:

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

$$112 = 4{,}5\, D^2 \Longrightarrow \boxed{D = 5\text{cm}}\ (2'')$$

(E) Considerando que o throughput seja conservado, então:

$$Q_1 = Q_2$$

CALCULO DA BOMBA MECÂNICA

$$Q_1 = P_2 S_2 \Longrightarrow 5{,}8 \times 10^{-5}\ \frac{\text{Torr}\,\ell}{s} = 10^{-1}\, S_{ef\,BM}$$

$$\boxed{S_{ef} = 5{,}8 \times 10^{-4}\ \ell/s}$$

Para manter o sistema funcionando é necessário a utilização de uma bomba "muito pequena" (INEXISTENTE)

(F) Se essa fosse a bomba mecânica do sistema, o tempo de escoamento desde 700 Torr até 10^{-1} Torr seria:

$$P = P_o e^{-\frac{S}{V}t} \Longrightarrow t = \frac{V}{S} \ln \frac{P_o}{P} \qquad t = \frac{48}{5{,}8 \times 10^{-4}} \ln \frac{700}{10^{-1}}$$

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

Utilizando o tempo fixado em 20 minutos

$$S_{ef\,BM} = \frac{V}{t} \ln \frac{700}{10^{-1}} = \frac{48}{1200} \ln \frac{700}{0{,}1} = 0{,}35\ l/s$$

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

(G) CÁLCULO de S_{BM}, na traseira da BD

Supondo regime molecular

$$C_m = \frac{12D^3}{L} = \frac{12(3)^3}{60} \Longrightarrow \boxed{C = 5{,}4\ l/s}$$

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

$$\boxed{S_{BM} \simeq 0{,}37\ l/s}$$

(H) Mas, o regime não é molecular, pois.

$$D\bar{P} = 3\times10^{-1} \sim 0,3 \quad \text{Regime intermediário.}$$

$$C_{int} = C_m \left(0,074 \frac{D}{\bar{\lambda}} + 1\right)$$

$$\bar{\lambda} = \frac{5\times10^{-3}}{\bar{P}\,(Torr)} \Rightarrow \bar{\lambda} = \frac{5\times10^{-3}}{10^{-1}} = 5\times10^{-2}\,cm$$

então $$C_{int} = \underbrace{\frac{12 D^3}{L}}_{5,4} \left(0,074 \frac{3}{5\times10^{-2}} + 1\right) = 29\ l/s$$

$$\therefore \boxed{S_{BM} = 0,35\ l/s}$$ estimado pelo tempo de 20 min

(I) Análise do by pass.

$P_0 = 700\ Torr \Longrightarrow P_F = 10^{-1}\ Torr$

Análise do regime de escoamento

$$DP = 3\times10^{-1} \sim 0,3\ cm\ Torr$$

$\therefore$ Regime intermediário

Na pior situação pois P varia de 700 Torr até 10^{-1} Torr e no regime viscoso as condutâncias são enormes!

Na pior situação $C_{int} = C_m \left(0,074 \frac{D}{\bar{\lambda}} + 1\right)$

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

$$C_{int} = 4\left(\underbrace{0,074 \frac{3}{5\times10^{-2}} + 1}_{5,4}\right) \Rightarrow \boxed{C_{int} = 22\ l/s}$$

Essa condutância é muito maior do que a velocidade da Bomba Mecânica efetiva

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

OBSERVAÇÕES:

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

$$C = 9(D^2) = 9(10^{-5})^2 = 9\times10^{-10}\ \ell/s$$

$$Q = C\Delta P$$

$$Q = \underbrace{9\times10^{-10}}_{C_0} \times \underbrace{700}_{P_0} = 6{,}3\times10^{-7}\ \frac{\text{Torr}\,\ell}{s}$$

Esse vazamento é bem menor do que a taxa de desgaseificação da câmara $Q = 5{,}8\times10^{-5}\ \frac{\text{Torr}\,\ell}{s}$.

Em todo sistema de vácuo deve ser observado o aspecto LIMPEZA. As taxas devido à desorpção térmica podem ser altas.

② Supondo um vazamento real de $D = 1\,\mu m = 10^{-4}$ cm

$$C = 9D^2 = 9(10^{-4})^2 = 9\times10^{-8}\ \ell/s$$

$$Q = 9\times10^{-8}\times700 = 6{,}3\times10^{-5}\ \frac{\text{Torr}\,\ell}{s}$$

$$P_{res} = \frac{\sum_i Q_i}{S} = \frac{5{,}8\times10^{-5} + 6{,}3\times10^{-6}}{58} = 2\times10^{-6}\ \text{Torr}$$

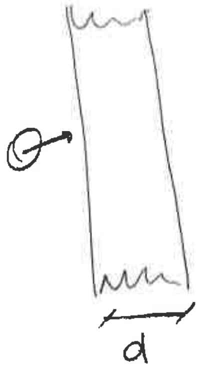
Esse vazamento não interfere na pressão final

ALERTAR PARA A LIMPEZA DO SISTEMA!!

Fontes de GASES

Mostrar transparências

Permeação



Lei de Henry

$$\boxed{C = s P^n}$$

$n = 1$ gases em não metais

$n = 1/2$ gases diatômicos em metais

Equação de difusão (1ª lei de Fick)

$$\boxed{Q = -D \frac{\partial c}{\partial x}}$$

$$D = D_0 e^{-E/RT}$$

E = energia de ativação

$$\boxed{Q = Ds \frac{\left(P_{ext}^n - P_{int}^n\right)}{d}}$$

$Ds = k(T)$

constante de permeação

$$\boxed{k = k_0 e^{-E/RT}}$$

Mostrar transparências (K x T)

Difusão de GASES

Regime de transição — 2ª lei de Fick

$$\boxed{D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = \frac{\partial c}{\partial t}}$$

difusão em estado não estacionário.

(A) Permeação - caso transiente

(B) Parede semi-infinita

(C) Parede infinita

Desorção de segunda ordem

gases que se dissociam na adsorção e devem se recombinar antes da desorção.

$$H + H \longrightarrow H_2$$

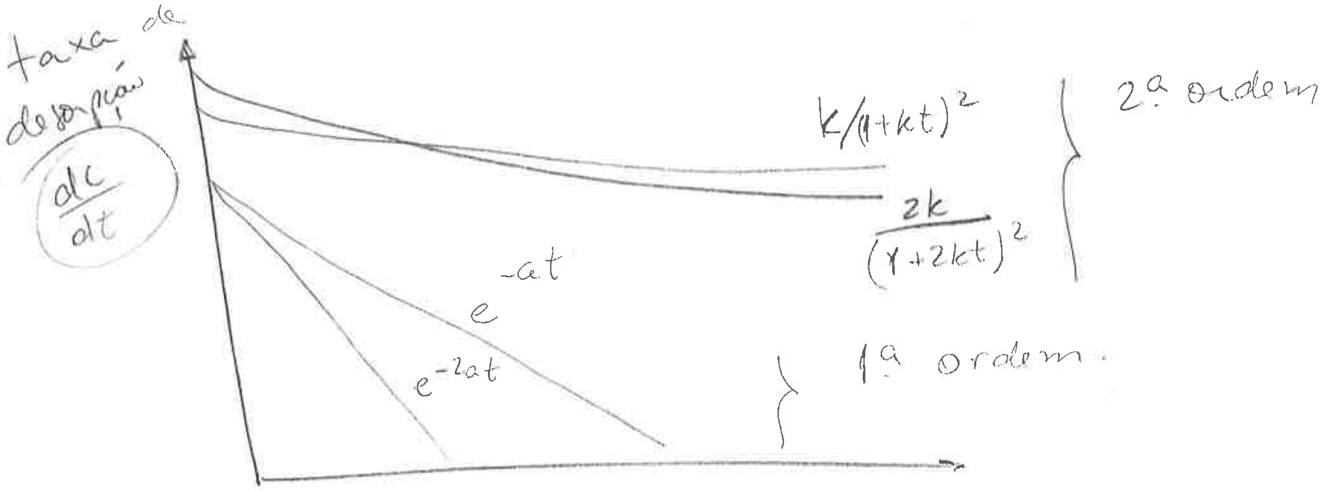
$$\boxed{\frac{dc}{dt} = -k_2 c^2}$$

$k_2 \sim e^{-E/N_0 k T}$

$$\boxed{c = \frac{C_0}{1 + C_0 k_2 t}}$$

$$\boxed{\frac{dc}{dt} = \frac{-k_2 C_0^2}{(1 + C_0 k_2 t)^2}}$$

cai lentamente



Tecnologia do Vácuo

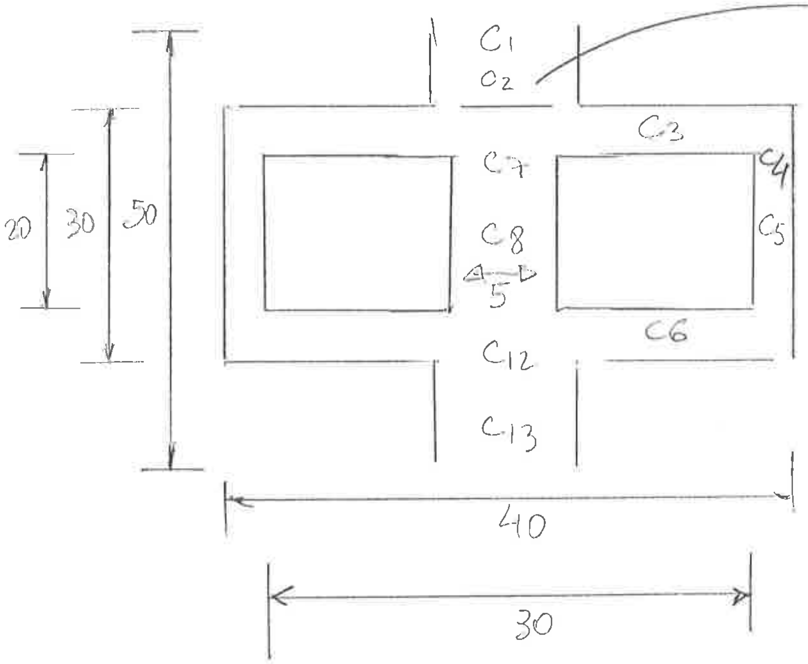
Não consegui apresentar esses exemplos

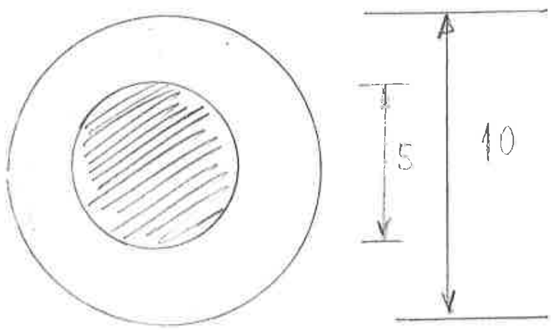
Refazer exercício 18 lista 3

P(t) pag 58 caderno 2009

- comentar todas as fontes de gases

Exercício em sala de aula





C9 e C10 são condutâncias em paralelo

$$C_1 = \frac{12 D^3}{L} = 12\frac{(10)^3}{10} = 1200 \ l/s$$

$$C_2 = 9(D_2^2 - D_1^2) = 9(10^2 - 5^2) = 675 \ l/s$$

$$C_3 = C_6 = \frac{12 D^3}{L} = \frac{12(40)^3}{10} = 1920 \ l/s$$

EXISTEM DOIS CAMINHOS POSSÍVEIS (A) e (B)

(A) $C_4 = 9(40^2 - 30^2) \sim 6300 \ l/s$

$$\underset{\text{duto anular}}{C_5} = \frac{12}{L}(D_2^3 - D_1^3)\left(1 - \frac{D_1}{D_2}\right) = \frac{12}{20}(40^3 - 30^3)\left(1 - \frac{30}{40}\right)$$

$$C_5 \cong 5500 \ l/s$$

$C_6 = C_3 = 1920\ \ell/s$

caminho (B)

$C_7 = 9D^2 = 9(5)^2 = 225\ \ell/s$

$C_8 = 12\frac{D^3}{L} = 12\frac{5^3}{20} \sim 75\ \ell/s$

caminho (A)

$$\frac{1}{C_9} = \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_5} = \frac{1}{6300} + \frac{1}{5500} \Rightarrow \boxed{C_9 = 2936\ \ell/s}$$

caminho (B)

$$\frac{1}{C_{10}} = \frac{1}{C_7} + \frac{1}{C_8} = \frac{1}{225} + \frac{1}{75} \Rightarrow \boxed{C_{10} = 56\ \ell/s}$$

A e B são paralelos

$C_{11} = C_{10} + C_9 \cong 3000\ \ell/s$

Restante da armadilha

$C_{12} = C_2 = 675\ \ell/s$

$C_{13} = C_1 = 1200\ \ell/s$

então

$$\frac{1}{C_T} = \frac{2}{C_1} + \frac{2}{C_2} + \frac{2}{C_3} + \frac{1}{C_{11}} = \frac{2}{1200} + \frac{2}{675} + \frac{2}{1920} + \frac{1}{3000}$$

$$\boxed{C_T = 166\ \ell/s}$$

em N_2 líquido $\quad C_{T_{N_2}} \simeq 166\sqrt{\frac{77}{293}}$

$$\boxed{C_{T_{N_2}} \sim 85\ \ell/s}$$