AULA 16

30/04/16

passar lista de presença
distribuir lista 4.

Próximas aula: Cálculo de condutância } Armadilhes, Cotovelos

Sistemas de vácuo

Fontes de Gases

- Permeação
- Difusão de gases
- evaporação / vaporização
- Desorpção térmica
- Adsorção química
- Superfícies reais

Cálculo de Condutância

Dushman $Z_{total} = Z_0 + Z_{tubo}$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_t}$$

$$\begin{cases} C_0 = 9D^2 \\ C_t = \dfrac{12D^3}{L} \end{cases}$$

N_2 $T = 300K$

Regime molecular

Tubos curtos

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{9D^2} + \frac{1}{\frac{12D^3}{L}} = \frac{\frac{12D^3}{L} + 9D^2}{9D^2 \, \frac{12D^3}{L}}$$

$$C_T = \frac{12D^3}{L}\left[\frac{9D^2}{9D^2 + \frac{12D^3}{L}}\right]$$ dividindo por $3D^2$

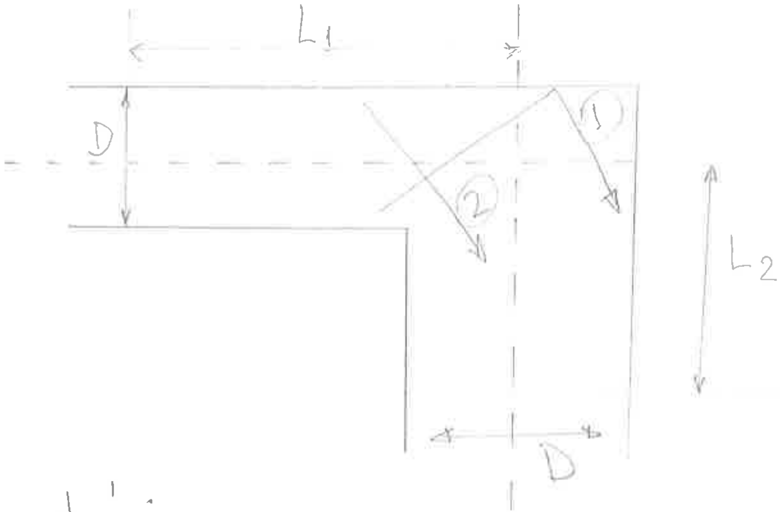
$$C_T = \frac{12D^3}{L}\left[\frac{3}{3 + \frac{4D}{L}}\right] = \frac{12D^3}{L}\left[\frac{1}{1 + \frac{4D}{3L}}\right]$$

$$C_T = C_{tubo}\left[\frac{1}{\frac{4}{3}\frac{D}{L}+1}\right]$$

$$C_T = \frac{12D^3}{L}\left[\frac{1}{\frac{4}{3}\frac{D}{L}+1}\right] = \frac{12D^3}{L+\frac{4}{3}D}$$

$$\boxed{C_T = \frac{12D^3}{L+\frac{4}{3}D}}$$

CALCULO DA CONDUTÂNCIA DE COTOVELOS



2 trajetórias possíveis

Trajetória 1 : $C = \dfrac{12 D^3}{L_1 + L_2 + \frac{4}{3} D}$ $L = L_1 + L_2$

Trajetória 2 : Não percebe o cotovelo

$$C \simeq \frac{12 D^3}{L_1 + L_2}$$

O cotovelo pode ser aproximado por um tubo de diametro D e comprimento

$$L_1 + L_2 < L_{cotovelo} < L_1 + L_2 + \frac{4}{3} D$$

$$\boxed{L_{cotovelo} = L_1 + L_2 + \frac{4}{3} \frac{\theta}{\pi} D}$$

Roth pag 91.

CALCULO DE ARMADILHAS

Proteção do sistema de vácuo

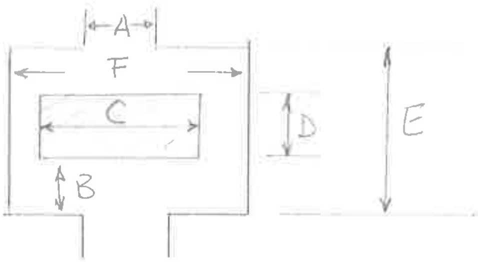
Velocidade de bombeamento da armadilha

$$\boxed{S \simeq 15\, A \,\frac{l}{s\ cm^2}}$$

coeficiente de adesão ≈ 1.
Depois entra em equilíbrio

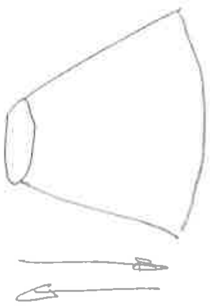
Armadilha: Sucessão de dispositivos em paralelo e/ou série:

EXEMPLO:



A = 10 cm
B = 4 cm
C = 13 cm
D = 25 cm
E = 33 cm
F = 20 cm

A molécula deve encontrar o orifício anular
A molécula deve ter uma trajetória média



Mesma impedância

⟹ Não importa o caminho

① Primeiro trecho

$$C = k\, \frac{4}{3}\, \frac{\bar{v}}{\int^{L} \frac{P(l)\,dl}{A^2}}$$

$P(r) = 2\pi r$

$A(r) = 2\pi r L$

$$C = k \frac{4}{3}\bar{v} \frac{1}{\int_{R_1}^{R_2} \frac{(2\pi r)dr}{(2\pi r L)^2}} = \frac{4}{3} k \bar{v} \frac{1}{\int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{2\pi r L^2}}$$

$$C = \frac{4}{3} k \bar{v} \frac{2\pi L^2}{\int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r}} \longrightarrow C = \frac{4}{3} k \bar{v} \frac{2\pi L^2}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \quad \begin{cases} L = 4cm \\ R_1 = 5cm \\ R_2 = 6,5cm \end{cases}$$

substituindo $k = 1$ então

$C \sim 24000 \ l/s$

(2) $C_{tubo} = \frac{12 D^3}{L} = \frac{12 (20)^3}{4} = 24000 \ l/s$

Saindo dessa região a molécula deve encontrar o orifício anular.

(3)

$C = 9(D_2^2 - D_1^2) = 9(20^2 - 13^2)$

$C \sim 2080 \ l/s$

4 Duto anular

$$C = \frac{12}{L}\left(D_2^3 - D_1^3\right)\left(1 - \frac{D_1}{D_2}\right)$$

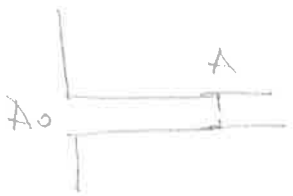
$$C = \frac{12}{25}\left(20^3 - 13^3\right)\left(1 - \frac{13}{20}\right) \sim 975 \ l/s$$

5 Depois as moléculas do gás devem fazer o caminho inverso ao caminho percorrido na parte superior da armadilha.

6 abertura circular

$$C = 9D^2 = 9(10)^2 = 900 \ l/s$$

condutancia de um diafragma



$$\boxed{C_{ef} = 9D^2 \frac{Do^2}{Do^2 - D^2}}$$

Devemos aplicar essa correção porque as moléculas estão vindo de uma região com as mesmas dimensões do orifício.

A correção $\frac{Do^2}{Do^2 - D^2}$ aumenta a condutância

$$C = 9D^2\left(\frac{Do^2}{Do^2 - D^2}\right) \Longrightarrow C = 9(10)^2\left(\frac{20^2}{20^2 - 10^2}\right)$$

$$\boxed{C = 1200 \ l/s}$$

Colocando todas as condutâncias em série

$$\boxed{\frac{1}{C_T} = \sum_{i=1}^{N} 1/C_i}$$

diafragma

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{24000} + \frac{1}{2080} + \frac{1}{975} + \frac{1}{24000} + \frac{1}{1200}$$

$$\boxed{C_T \sim 400\ l/s}$$

Considerando o sistema bombeado por uma bomba difusora de 4"

$$S_b = 50\%\ 9D^2 \cong 460\ l/s$$

$$S_{ef} = \frac{S_b C}{S_b + C} = \frac{460 \times 400}{460 + 400} \Rightarrow \boxed{S_{ef} = 214\ l/s}$$

Com N_2 líquido

$$C_{77k} = C_{293} \times \sqrt{\frac{77}{293}} \sim 400\sqrt{\frac{77}{293}} \sim 205\ l/s$$

$$S_{ef} = \frac{460 \times 205}{205 + 460} \cong 142\ l/s$$

Como estimar as pressões de um sistema?

Pela conservação do throughput, temos:

$$Q = S_{ef}\, P_{medidor} = S_b\, P_{sistema} = C\,\Delta P$$

$$Q = C\,(P_{medidor} - P_{sistema}),$$ então

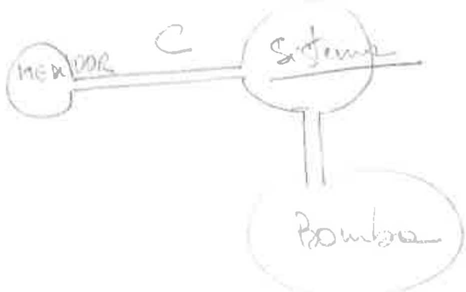
$$S_b\, P_{sistema} = C\, P_{medidor} - C\, P_{sistema}$$

$$(S_b + C)\, P_{sistema} = C\, P_{medidor}$$

$$P_{sistema} = \frac{C\, P_{medidor}}{S_b + C}$$

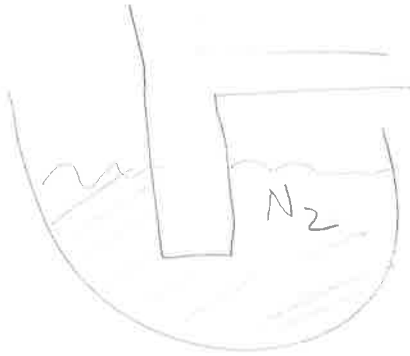
Se $S_b \gg C$ então

$$\boxed{P_{sistema} = \frac{C}{S_b}\, P_{med}}$$

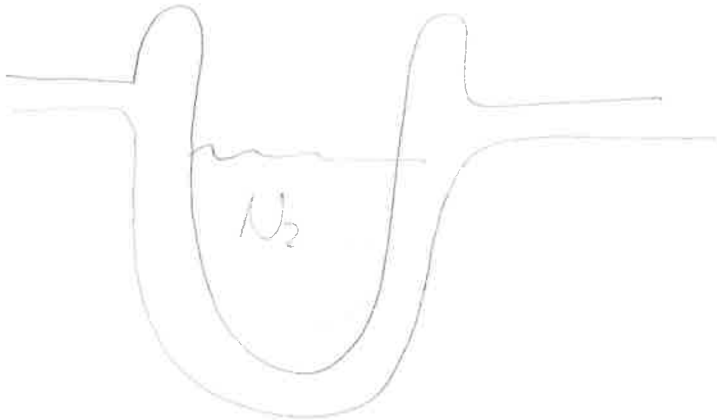


OUTROS EXEMPLOS DE ARMADILHAS

1



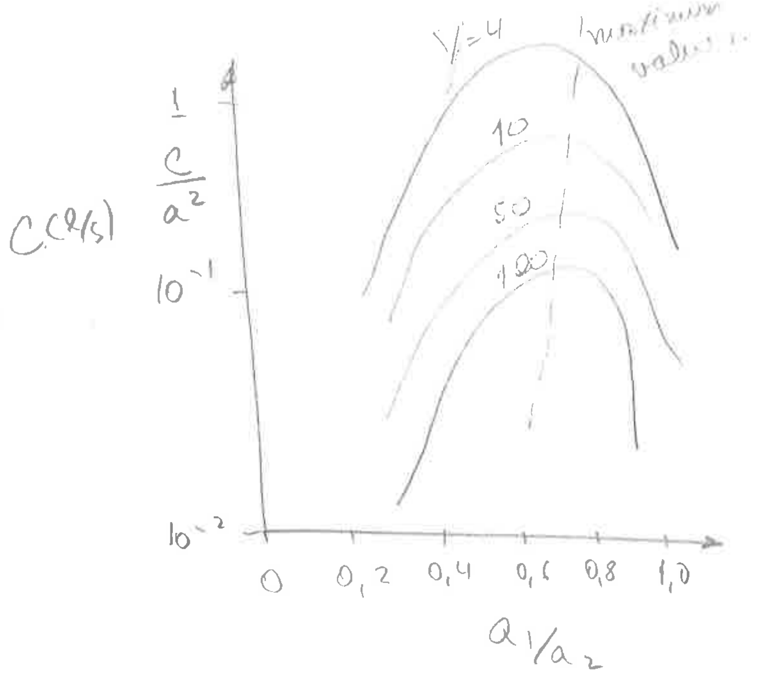
2



3

Como dimensionar uma armadilha de N_2 líquido (6)

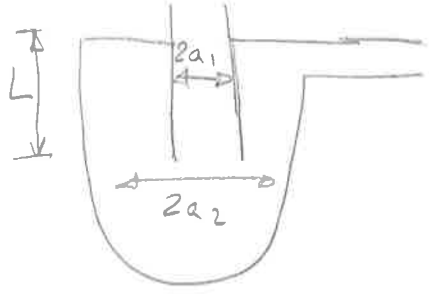
Mostrar transparência   Roth pag 92



$C (l/s)$

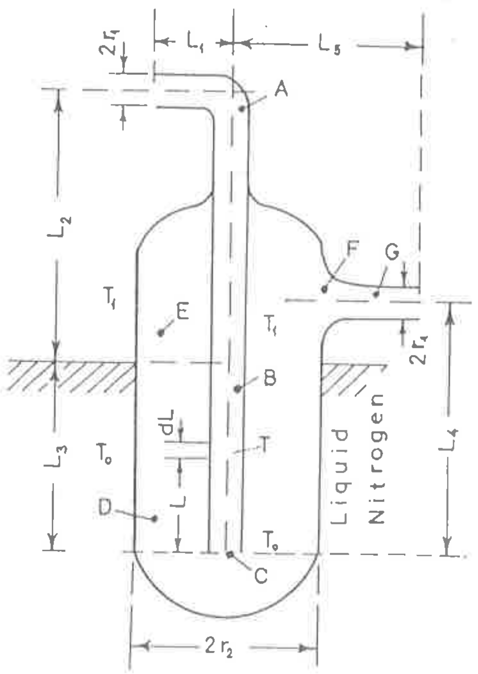
$a_2 (cm)$

$$Y = \frac{L}{a_2}$$



Qual a condutância se o trap não estiver totalmente preenchido?

Transparência



Parte	descrição	temperatura
A	cotovelo	T_1
B	tubo	$T(L)$
C	diafragma	T_0
D	tubo anular	T_0
E	tubo anular	T_1
F	abertura	T_1
G	tubo de saída	T_1

A temperatura do tubo interno deve diminuir linearmente desde T_1 no nível do N_2 líquido até T_0 no final do tubo interno.

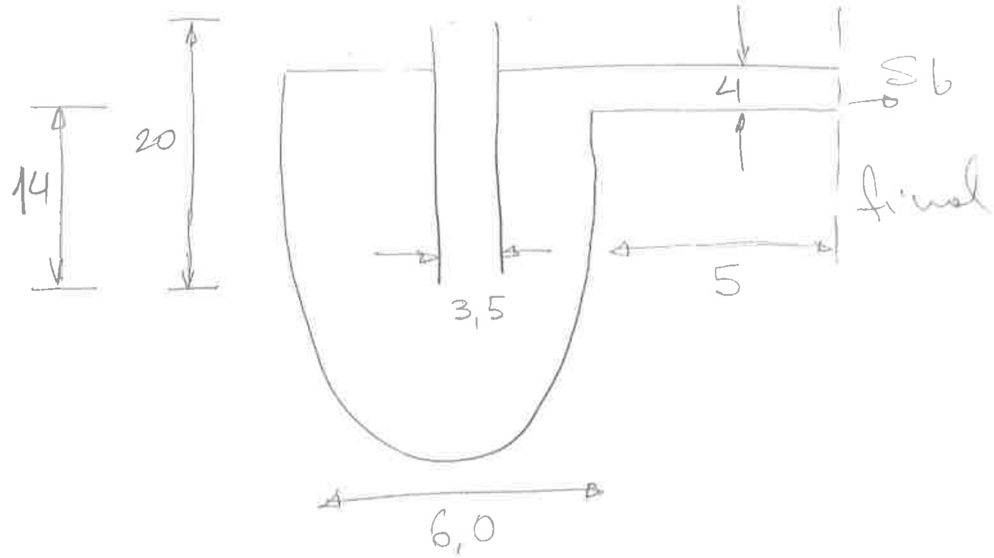
$$T = T_0 + (T_1 - T_0)\frac{L}{L_3}$$

$$T = T_0 + gL \qquad \text{onde} \qquad g = \frac{T_1 - T_0}{L_3}$$

Na parede externa a temperatura é T_0 para $L \leq L_3$ e T_1 para $L > L_3$

Para o cálculo das condutâncias, devem ser consideradas as condutâncias diferentes em função da temperatura.

Mostrar transparência



1 Duto da boca do amostrador

$$C = \frac{12D^3}{L}$$ Regime molecular

$$C_1 = \frac{12(3,5)^3}{20} \simeq 26\ l/s$$

$$C_2 = 9(D_2^2 - D_1^2) = 9(6^2 - 3,5^2) \sim 213\ l/s$$

Orifício anular

A molécula não deve voltar ao tubo de entrada

$$C_3 = \frac{12}{L}(D_2^3 - D_1^3)\left(1 - \frac{D_1}{D_2}\right) = \frac{12}{14}(6^3 - 3,5^3)\left(1 - \frac{3,5}{6,0}\right) \simeq 62\ l/s$$

duto anular

$$C_4 = 9D^2 = 9(4)^2 = 144\ l/s$$

Orifício de saída

$$C_5 = \frac{12D^3}{L} = 12\frac{4^3}{5} = 154\ l/s$$

C5 duto de saída

$$\boxed{C_T^{-1} = \sum_{i=1}^{N} 1/C_i}$$

$$\frac{1}{C_T} = \sum_i \frac{1}{C_i} = \frac{1}{26} + \frac{1}{213} + \frac{1}{62} + \frac{1}{144} + 1/154$$

$$\boxed{C_T = 14\ l/s}$$