

AULA 16

Passar lista de presença
distribuir lista 4

- Cálculo de condutâncias } ARRANJOS
CUTUVELOS
- Sistemas de vácuo

Fontes de Gases

- Permeação
- Difusão de gases
- Evaporação/vaporização
- Desorção térmica
- Adsorção química
- Superfícies reativas

CÁLCULO DE CONDUTÂNCIAS

Dushman

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

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_t} \quad \left\{ \begin{array}{l} C_0 = 9D^2 \\ C_t = \frac{12D^3}{L} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} N_2, 300K \\ \text{Regime} \\ \text{molecular} \end{array}$$

TUBOS CURTOS

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

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

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

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

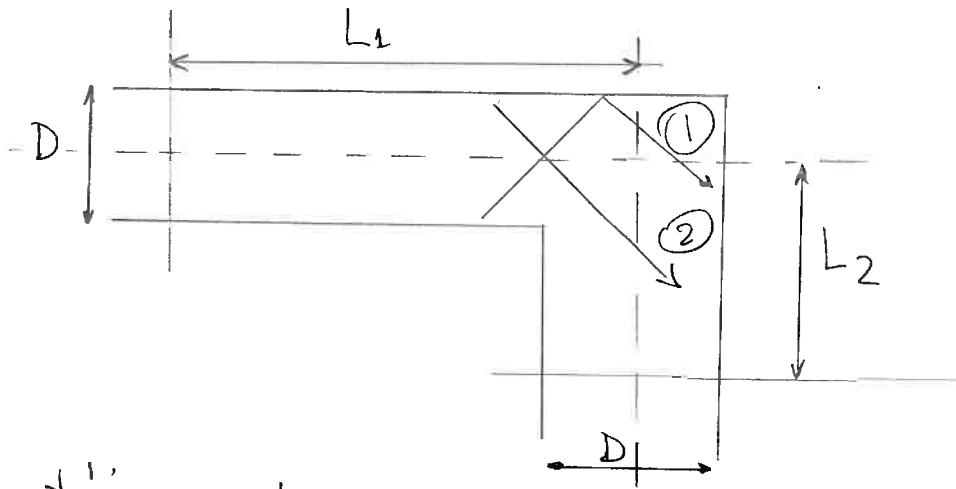
$$C_T = C_{\text{tubo}} \left[\frac{1}{\frac{4D}{3L} + 1} \right]$$

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

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

CÁLCULO DA CONDUTÂNCIA DE COTUVELOS

2



2 trajetórias possíveis

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

$$L = L_1 + L_2$$

Trajetoira 2: Não percebe o cotovelo

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

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

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

$$L_{\text{COTUVELO}} = L_1 + L_2 + \frac{4}{3} \frac{\theta}{\alpha} D$$

A. Roth pag 91

Proteção do sistema de vácuo

Velocidade de bombeamento da armadilha

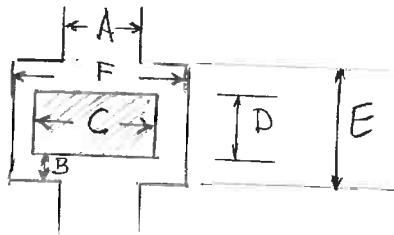
$$S \approx 15A \text{ l/sec}^2$$

Coefficiente de adesão $e' = 1$.

Depois entra em equilíbrio.

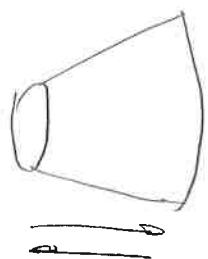
Armadilha: Sucessão de dispositivos em paralelo e série.

EXEMPLO:



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

A molécula deve encontrar o orifício angular
 A molécula deve ter uma trajetória radial



Mesma impedância
 Não importa o caminho

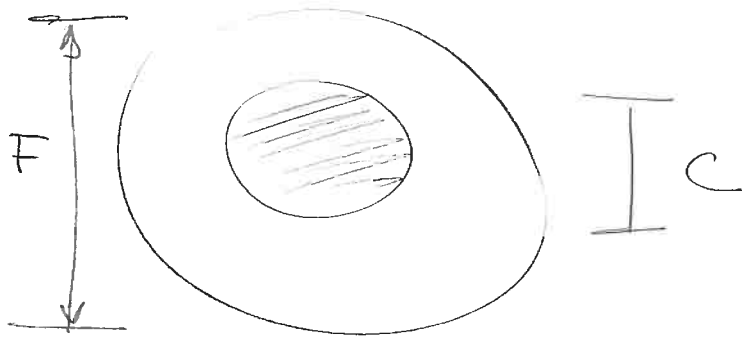
① Primeiro trecho



$$C = k \frac{4}{3} \frac{\bar{v}}{\int_0^L \frac{p(r) dr}{\lambda^2}}$$

$$P(r) = 2\pi r$$

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



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

Substituindo $k=1$ então

$$C = \frac{4}{3} \bar{v} \frac{2\pi L^2}{\int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r}} \Rightarrow C = \frac{4}{3} k \bar{v} \frac{2\pi L^2}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \left\{ \begin{array}{l} L=4\text{cm} \\ R_1=5\text{cm} \\ R_2=6,5\text{cm} \end{array} \right.$$

$$C \sim 24000 \text{ l/s}$$

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

Saindo dessa região a molécula deve encontrar o orifício anular.

3



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

$$C \sim 2080 \text{ l/s}$$

4- Duto Anular

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

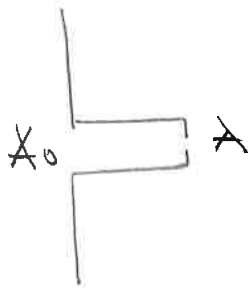
$$C = \frac{12}{25} (20^3 - 13^3) \left(1 - \frac{13}{20} \right) \approx 975 \text{ l/s}$$

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

⑥ abertura circular

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

Condutância de um diafragma



$$C_{ef} = 9D^2 \frac{D_0^2}{D_0^2 - D^2}$$

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

A correção $\frac{D_0^2}{D_0^2 - D^2}$ aumenta a condutância

$$C = 9D^2 \left(\frac{D_0^2}{D_0^2 - D^2} \right) \Rightarrow C = 9(10)^2 \left(\frac{20^2}{20^2 - 10^2} \right) = 1200 \text{ l/s}$$

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

Colocando todas as condutâncias em série

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

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

$$\boxed{C_T \approx 400 \text{ l/s}}$$

Considerando o sistema bombeado por uma bomba difusora de 4"

$$S_b = 50\% \cdot 90^2 = 460 \text{ l/s}$$

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

Com N_2 líquido

$$C_{77K} = C_{293} \times \sqrt{\frac{77}{293}} \approx 400 \sqrt{\frac{77}{293}} \approx 205 \text{ l/s}$$

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

Como estimar as pressões de um sistema? (5)

Pela conservação do throughput, temos:

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

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

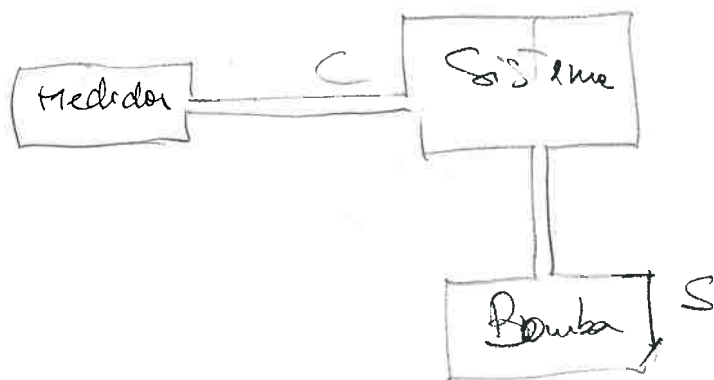
$$S_b P_{sistema} = C P_{medidor} - C P_{sistema}$$

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

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

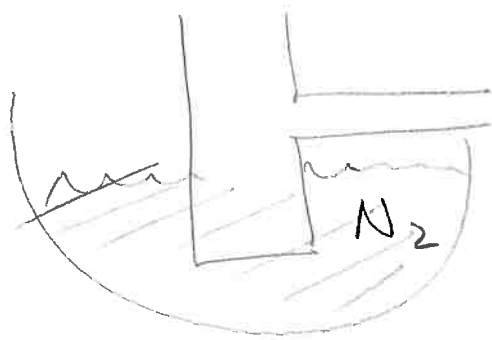
Se $S_b \gg C$ então

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

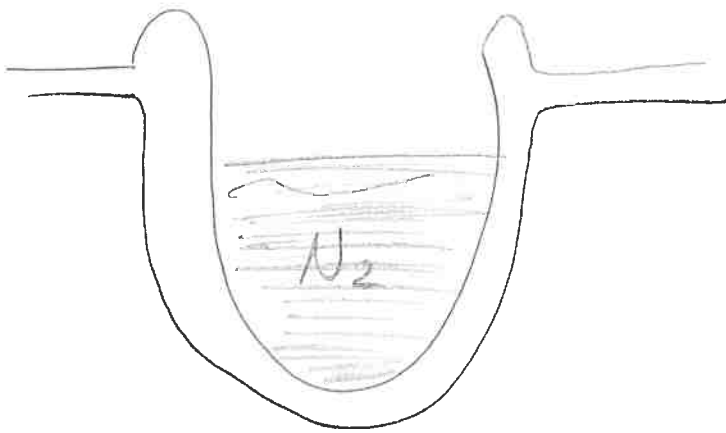


Otros ejemplos de armadillas

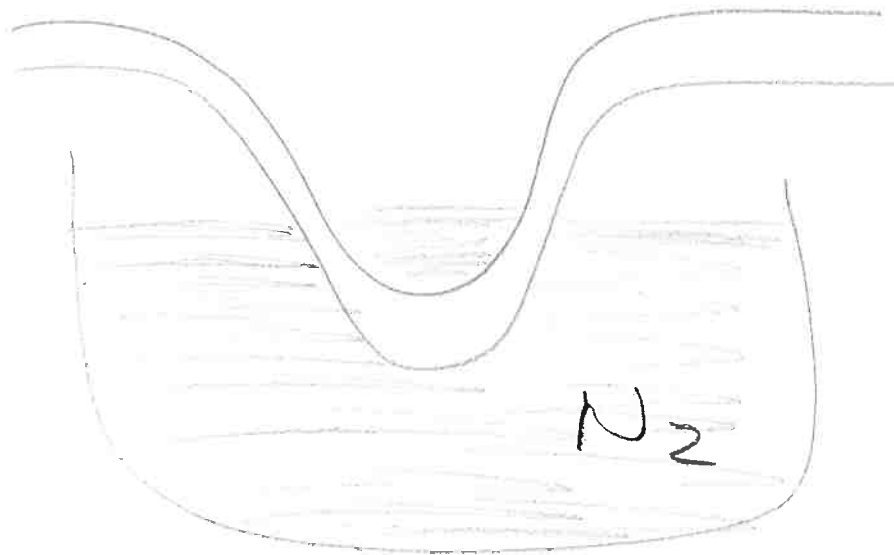
①



②



③

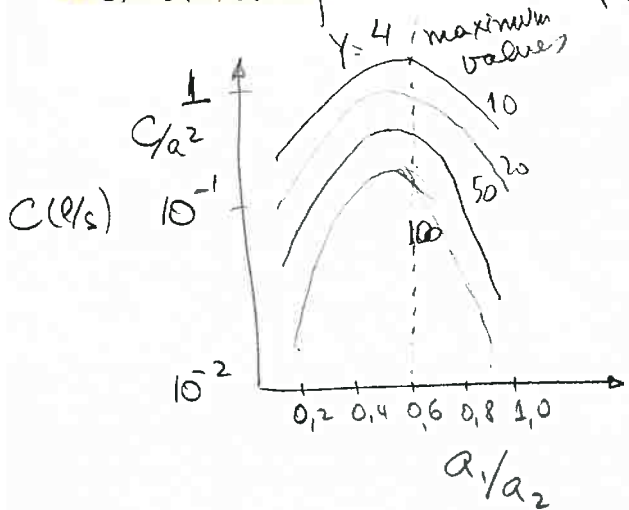


Como dimensionar uma armadilha de N₂ líquido

(6)

Mostrar transparência

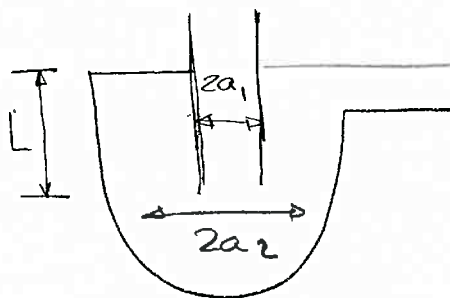
Roth pag 92



$$C(\text{g/s})$$

$$a_2(\text{cm})$$

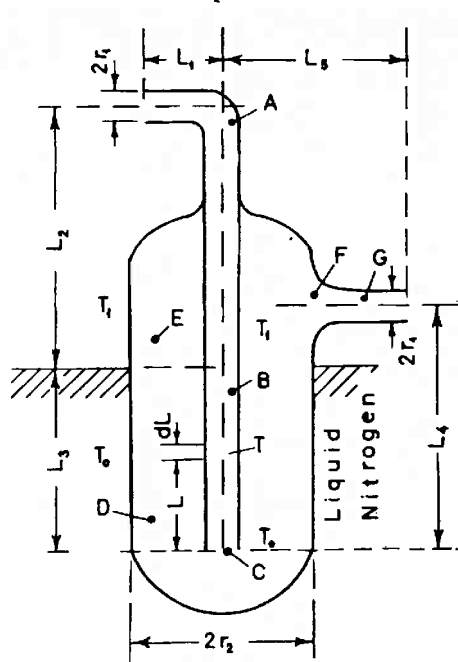
$$Y = \frac{L}{a_2}$$



Qual a condutância se o trap não estiver totalmente preenchido?

transparência

Parte	observações	temperatura
A	cutucos	T _i
B	tubo	T(L)
C	diáfragma	T ₀
D	tubo anular	T ₀
E	tubo anular	T _i
F	aberturas	T _i
G	tubo de saída	T _i



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.

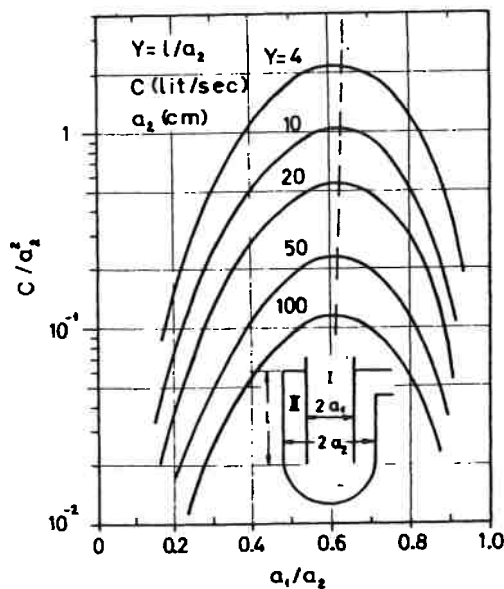
$$T = T_0 + (T_1 - T_0) \frac{L}{L_3}$$

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

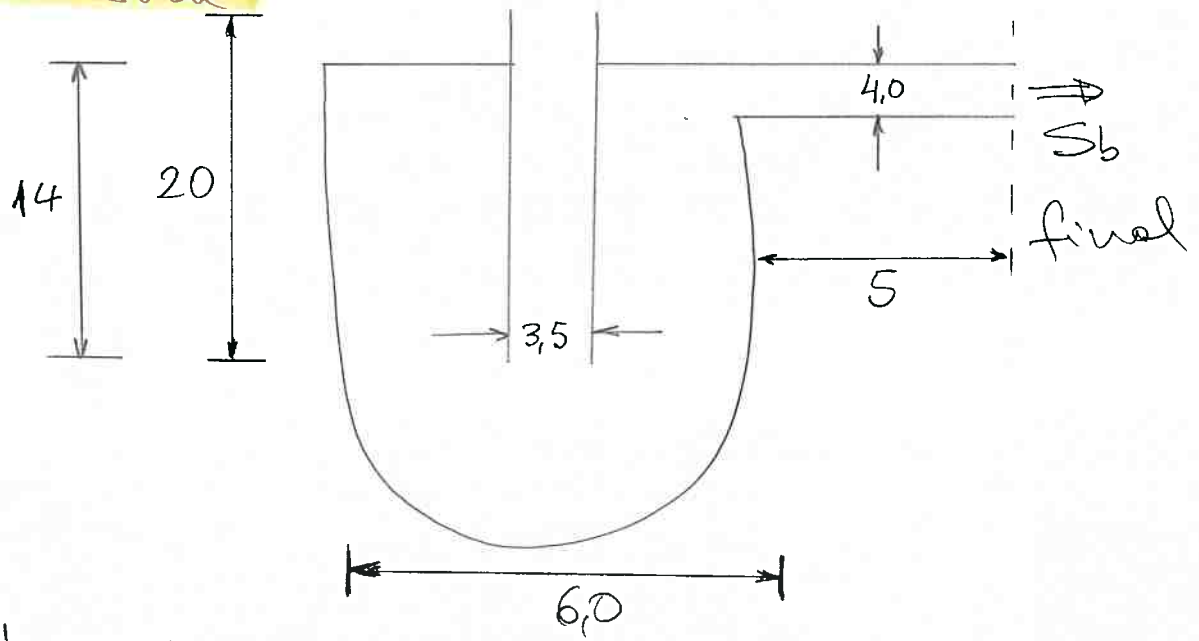
Na parede externa a temperatura é T_0 para $L \leq L_3$ e T_1 para $L > L_3$

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

GAS FLOW AT LOW PRESSURES



Mostrar slide



1) Duto da boca da amodilha

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

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

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

Oreificio anular

Amoedilha não deve voltar ao tubo de entrada

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

duto anular

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

Oreificio de saída

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

duto de saída

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

$$\frac{1}{C_T} = \sum_{i=1}^5 \frac{1}{C_i} = \frac{1}{26} + \frac{1}{213} + \frac{1}{62} + \frac{1}{144} + \frac{1}{154}$$

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

