

INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DE VÁCUO



F-640 – 2S2024
Prof. Pascoal Pagliuso
DEQ-GPOMS Ramal 15501
pagliuso@ifi.unicamp.br



Vácuo?

➤ Definição técnica de vácuo:

São as pressões que estão abaixo da pressão atmosférica local.

P_{atm} = pressão atmosférica = 1 atm

1 atm = $1,01325 \times 10^5$ Pa = 1,01325 bar

1 atm = 760 mmHg (milímetro de mercúrio)

1 atm = 760 Torr

30 PSI ~ 2 bar

1 mbar = 0,75 Torr

Alto Vácuo - $< \sim 10^{-3}$ torr

Ultra-alto vácuo - , $< \sim 10^{-9}$ torr

Para que serve?

- Existem inúmeros exemplos da realização processos industriais, pesquisas em tecnologia e em ciência básica que são realizados em baixas pressões.
- Há também os processos nos quais removemos os gases ativos, por meio da realização do vácuo e, posteriormente, introduzimos um gás inerte recuperando total ou parcial a pressão atmosférica.

Para que serve? Indústria:

- Remover os gases ativos presentes na decâmara de vácuo → Os gases e vapores ativos são prejudiciais ou inconvenientes nos processos industriais.
- Diminuir a transferência de calor por condução e por convecção entre o meio interno e o meio externo à câmara de vácuo.
- Conseguir deformações mecânicas, movimentos, levantamento e/ou sustentação de peças por meio de diferenças de pressão.
- Atingir densidades gasosas para conseguir colunas de gases ionizados, plasmas frios ou plasmas de altas temperaturas.

Para que serve? Ciência:

- Aumentar o trajeto ou caminho livre de partículas elementares, átomos, elétrons, íons e moléculas para que não colidam com as moléculas da atmosfera da câmara de vácuo → **por exemplo: aceleradores**
- Remover vapores ou gases absorvidos em materiais líquidos ou sólidos.
- Obter superfícies limpas e degaseificadas.
- evitar oxidação da superfície, crescimento de filmes, física de superfícies, ...

O que acontece quando variamos a pressão:

→ As seguintes grandezas físicas podem ser afetadas pela pressão:

- a densidade do gás;
- o livre caminho livre médio;
- o tempo de formação de uma camada de moléculas em uma superfície;
- fluxo de moléculas incidindo em uma superfície;
- Temperatura do gás

Baixa pressão → diminuição da densidade do gás:

- Temos como principal objetivo a criação de uma diferença de pressão entre os meios interno e externo à câmara de vácuo.
- Podemos usar para deformar, carregar, fixar, transportar, coletar, limpar, freiar, sustentar, suspender e separar.

Baixa densidade molecular

- No caso, temos três principais objetivos a serem alcançados:
- 1- Remover os gases quimicamente ativos da câmara de vácuo. Com isso podem-se evitar reações químicas (principalmente as oxidações), empacotar em atmosferas inertes, fundir, tratar metais e encapsular produtos.
- 2- Remover os gases e vapores dissolvidos em materiais. Podem-se secar produtos em temperatura ambiente, em baixa ou em alta temperaturas, degaseificar, liofilisar e remover líquidos e vapores em materiais sólidos.
- 3- Diminuir a transferência de energia entre meios. Pode-se obter isolamento térmica, isolamento elétrica, ou isolar o meio externo para criar um meio diferente.

Longos tempos para a formação de uma monocamada

- O objetivo principal é conseguir superfícies limpas, com poucos gases adsorvidos.
- Podem-se criar superfícies preparadas para o estudo e aplicação em adesão, emissão de elétrons (alteração da função-trabalho), variação do coeficiente de atrito, estudos em física de superfícies, etc.

Aumento do livre caminho médio

- O objetivo a ser alcançado é evitar, ou pelo menos minimizar, o número de colisões atômicas e moleculares entre si, ou de feixes de partículas com a atmosfera dentro da câmara de vácuo.
- As aplicações são os tubos eletrônicos em geral (raio-X, cinescópios, fotocélulas, válvulas), aceleradores de partículas, espectrômetros de massa, espectroscópios ópticos, feixes de elétrons para máquinas de solda, microscópios eletrônicos, válvulas klystron e girotrons, evaporadoras para filmes finos, anéis de armazenamento de partículas e separadores de isótopos.

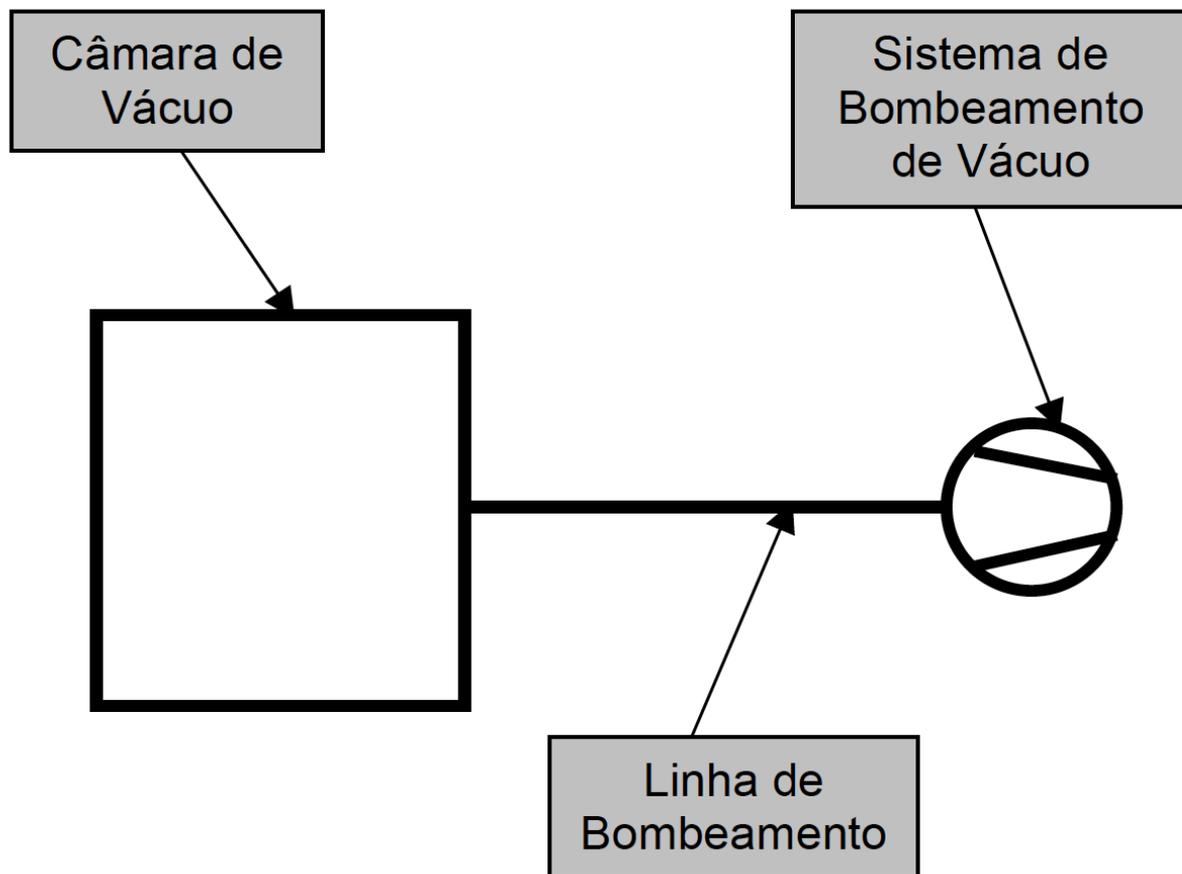
Projetar um sistema de vácuo

- Pressão final a ser atingida e pressão de trabalho.
- Características marcantes do processo em questão, como por exemplo se haverá gases corrosivos ou explosivos.
- Identificação do regime de escoamento dos gases e vapores.
- Cálculo das condutâncias e velocidade efetiva de bombeamento.
- Escolha das bombas de vácuo, dos sensores de pressão e dos componentes auxiliares.
- Processos de limpeza e condicionamento do sistema de vácuo.

Conceitos físicos

- Com o propósito de alcançar as pressões pretendidas nos vários processos em vácuo, devemos ter sempre presente o comportamento geral dos gases e vapores. Na câmara de vácuo os gases ocupam o volume e estão presentes nas superfícies dos componentes no interior dela. Os gases a serem bombeados deverão encontrar as bombas de vácuo, ou seja, deverão percorrer toda a tubulação que une a câmara de vácuo ao sistema de bombeamento de gases. Neste contexto, para que o processo de bombeamento dos gases e vapores seja eficiente, deveremos considerar o conhecimento físico-químico da matéria no estado gasoso e sua interação com as superfícies sólidas e líquidas que compõem o sistema de vácuo

Configuração genérica de um sistema



O que iremos estudar ao longo do semestre:

→ Teoria de gases rarefeitos:

- Equação de estado de gases ideais
- Equação de estado de gases reais → Cálculos cinético da energia das moléculas, da pressão, etc...
- Livre caminho médio

→ escoamento de gases:

- Viscosidade do gás
- Condutância
- Velocidade de escoamento, etc...

O que iremos estudar ao longo do semestre:

- Acessórios de vácuo;
- Bombas de vácuo;
- Medidores de vácuo;
- Cuidados e limpeza quando trabalhamos com câmeras de vácuo;

Bombas de vácuo

De um modo geral, as bombas de vácuo podem ser classificadas como:

- ***bombas de transferência (ou deslocamento) de gás***, que retiram os gases de uma região de um sistema de vácuo, transferindo-os para outras, ou para a atmosfera → mecânica, difusora, turbomolecular;
- ***bombas de captura (ou fixação)***, que retém os gases dentro da própria bomba → iônica, de sublimação, criogênica;

Bombas de vácuo

Detalhes essenciais numa bomba de vácuo

Velocidade de bombeamento, S – por definição é a velocidade de bombeamento na entrada –ou boca - da bomba.

Curva característica da velocidade de bombeamento – é a curva $S \times P$, sendo P a pressão na boca da bomba.

Pressão mínima – é a menor pressão que se pode atingir com uma particular bomba.

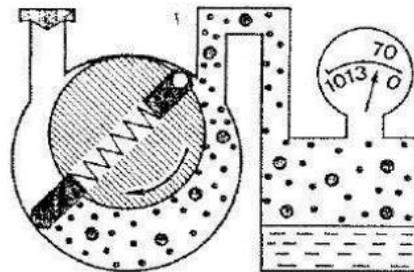
Qualidade do vácuo produzido – é a propriedade que tem uma bomba de não contaminar o sistema de vácuo com vapores indesejáveis (geralmente óleo) da própria bomba.

Bombas de vácuo

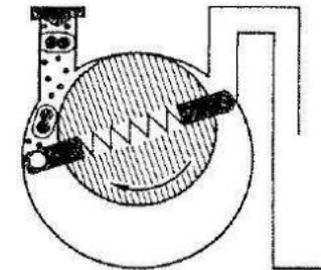


Bomba Rotativa de Palhetas

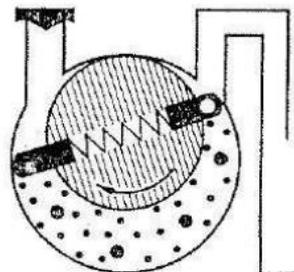
without gas ballast



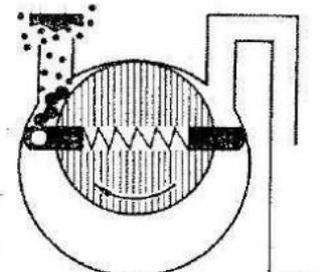
A₁



A₃



A₂



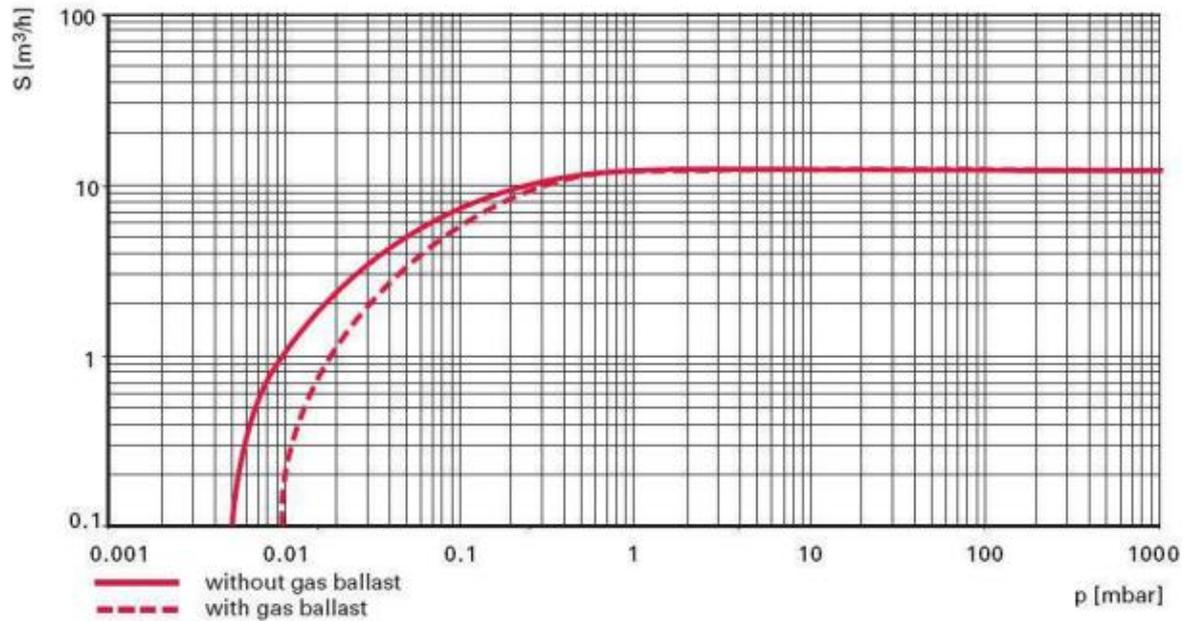
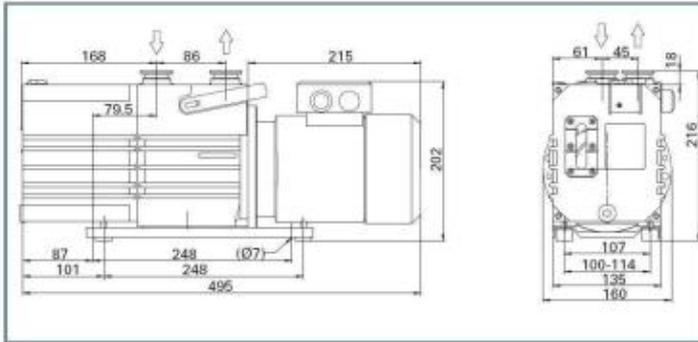
A₄

• vapour particle

• gas particle

Bombas de vácuo

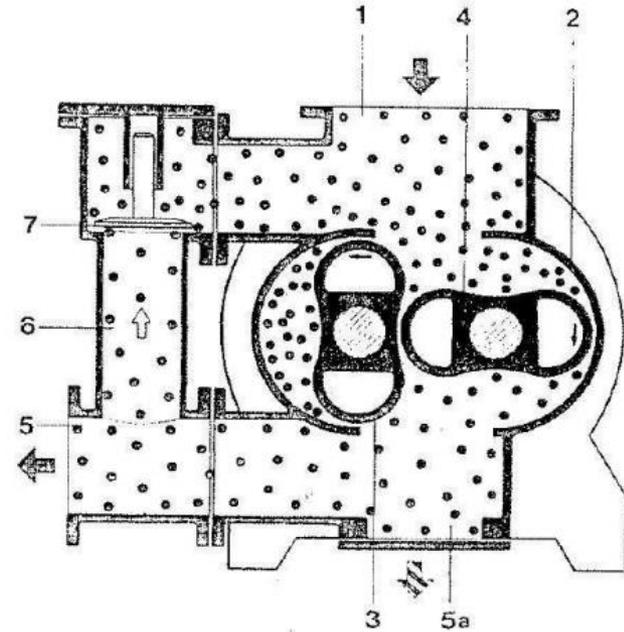
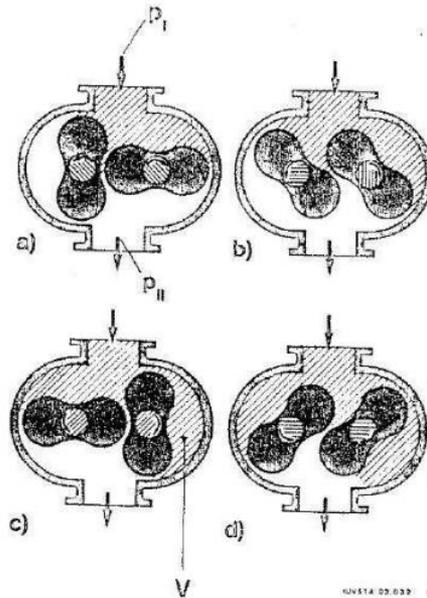
Dimensions



Bombas de vácuo



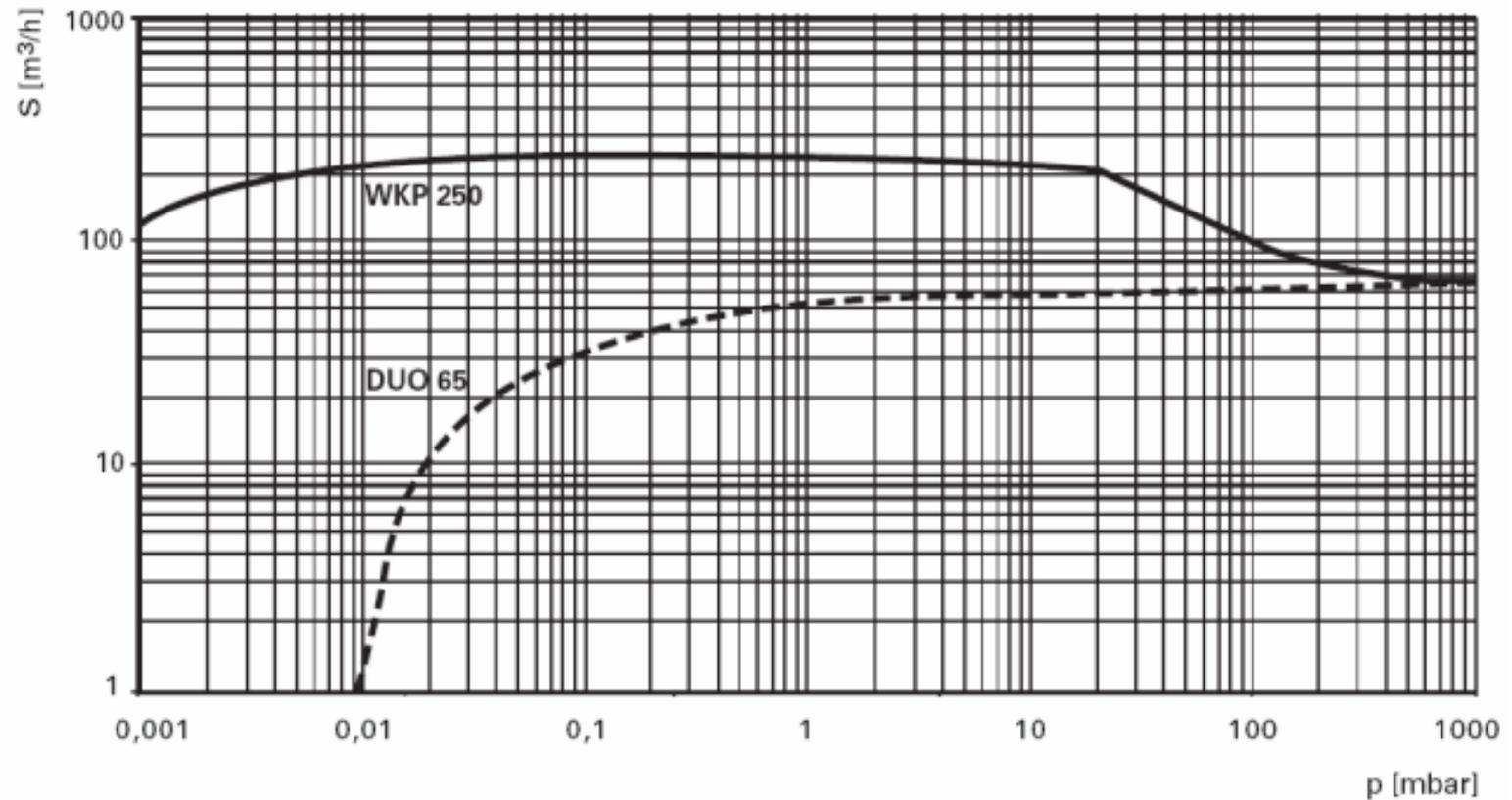
Bomba Roots



Bombas de vácuo

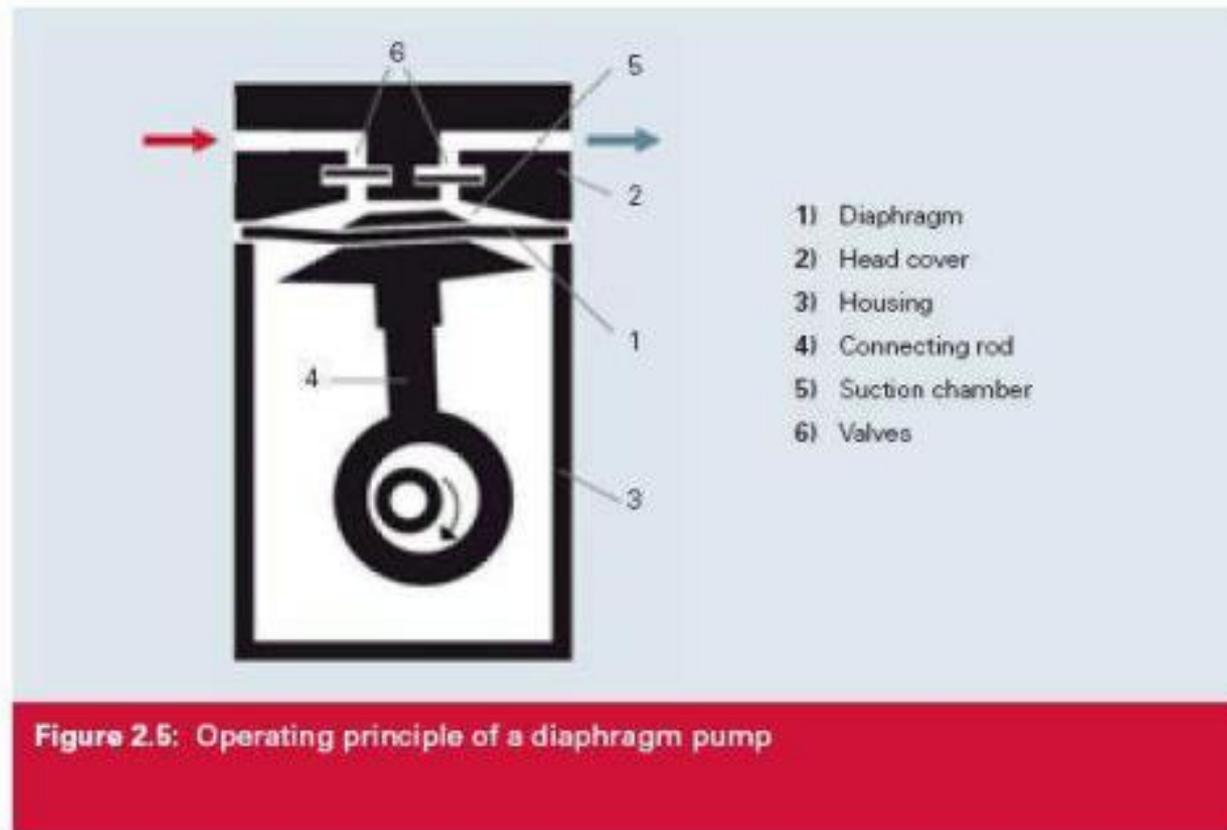


Bomba Roots



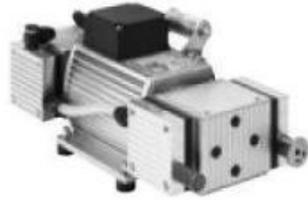
Bombas de vácuo

Bomba de Diafragma



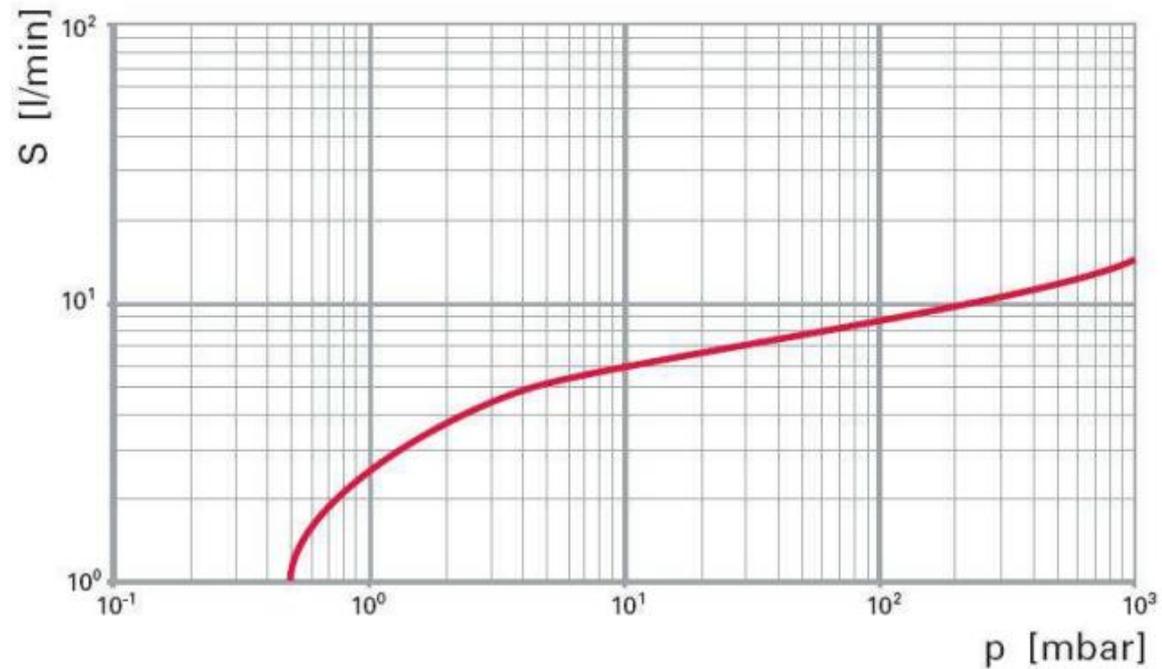
Bombas de vácuo

MVP 015



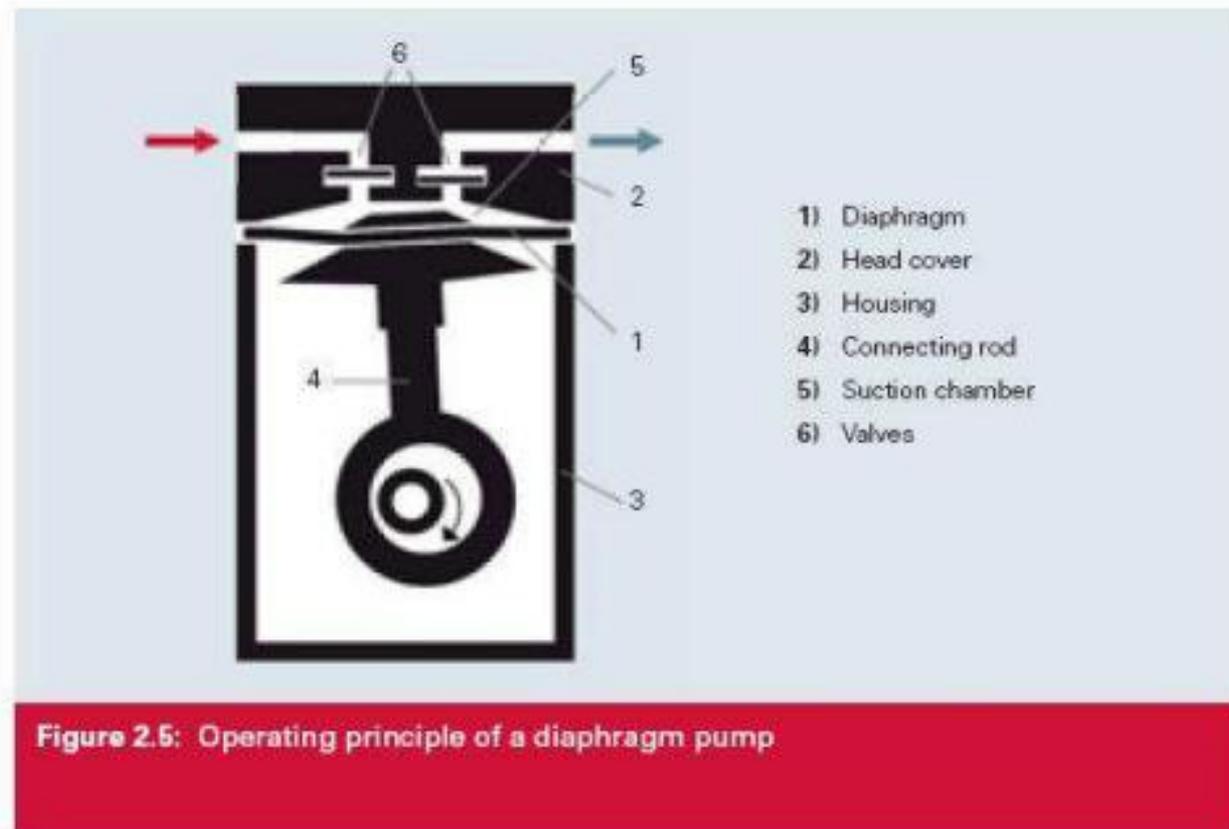
Bomba de Diafragma

MVP 015-4 (60 Hz)



Bombas de vácuo

Bomba de Diafragma



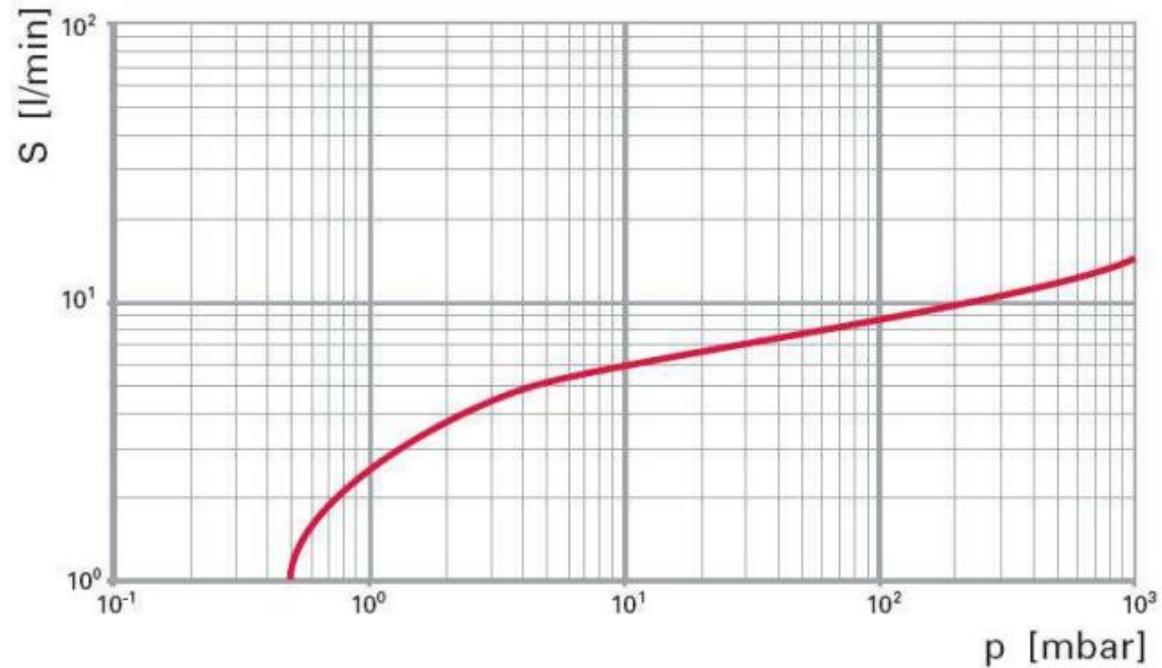
Bombas de vácuo

MVP 015



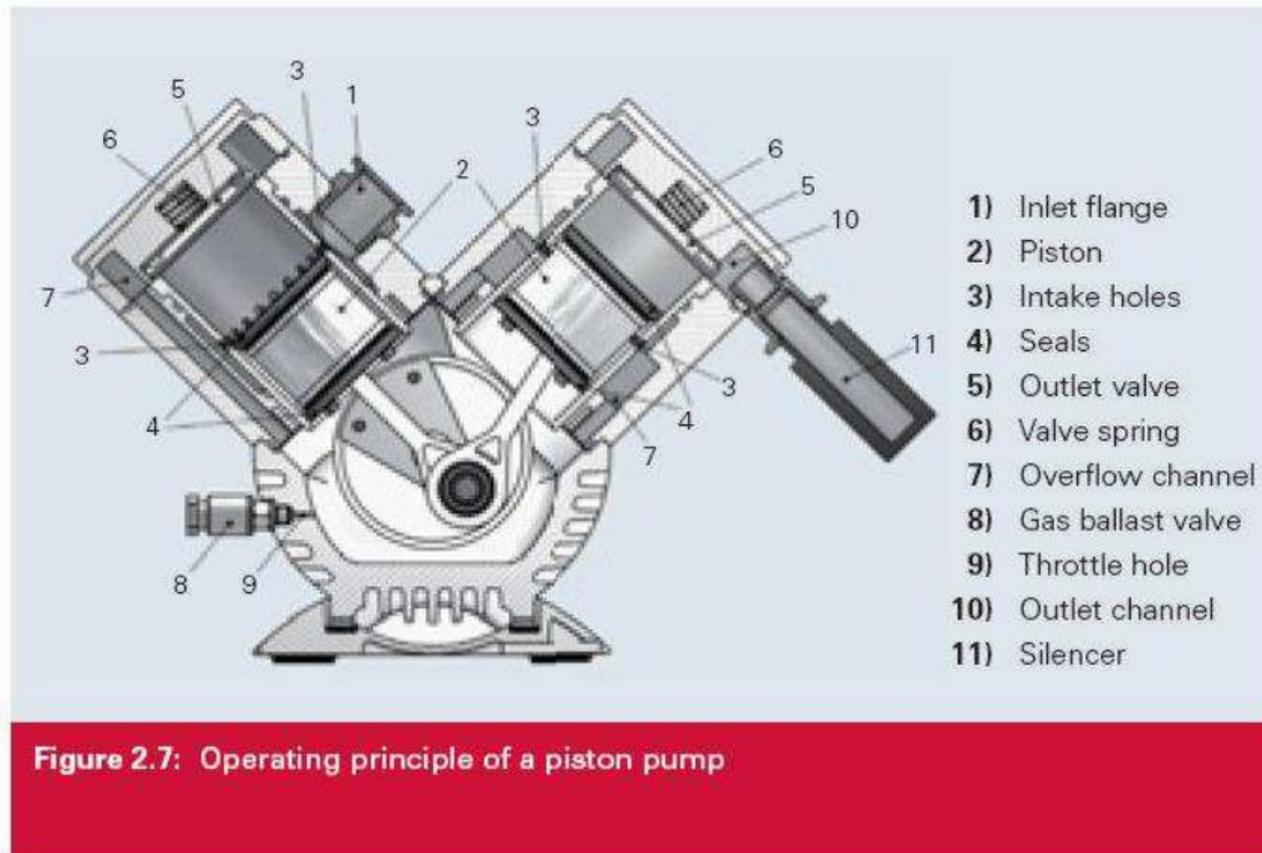
Bomba de Diafragma

MVP 015-4 (60 Hz)



Bombas de vácuo

Bomba de Pistão

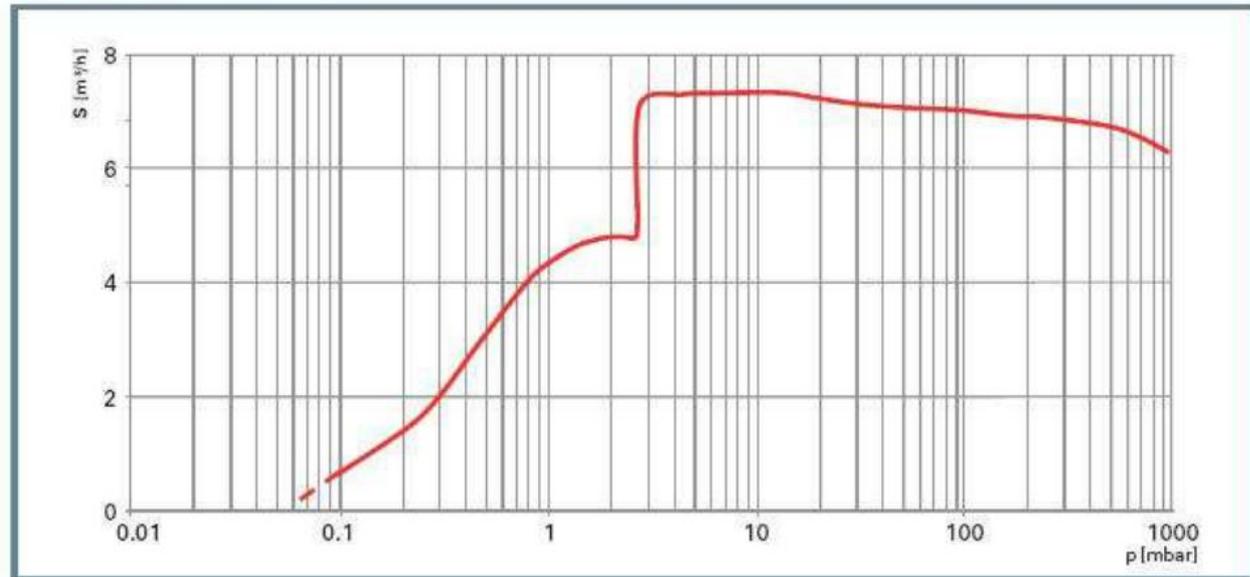


Bombas de vácuo



Bomba de Pistão

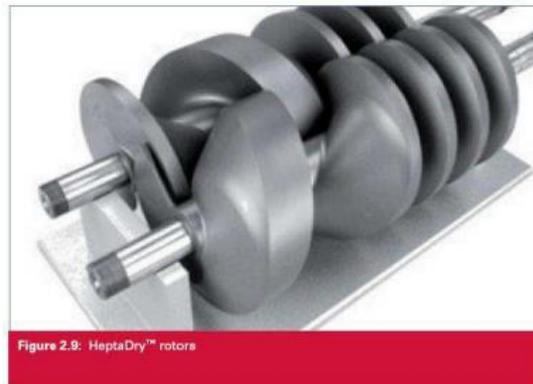
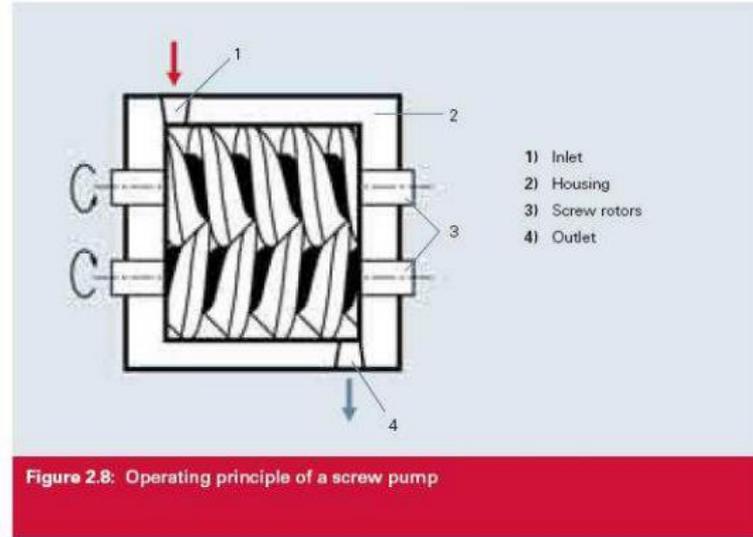
Pumping speed



XtraDry™ 150-2

Bombas de vácuo

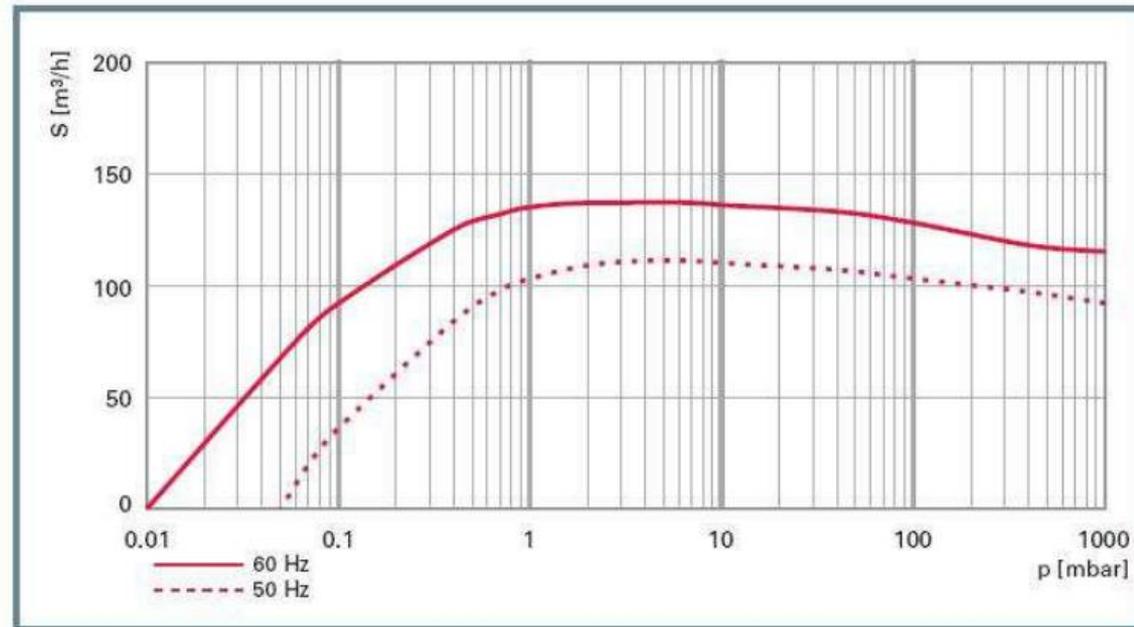
Bomba de Parafuso



Bombas de vácuo



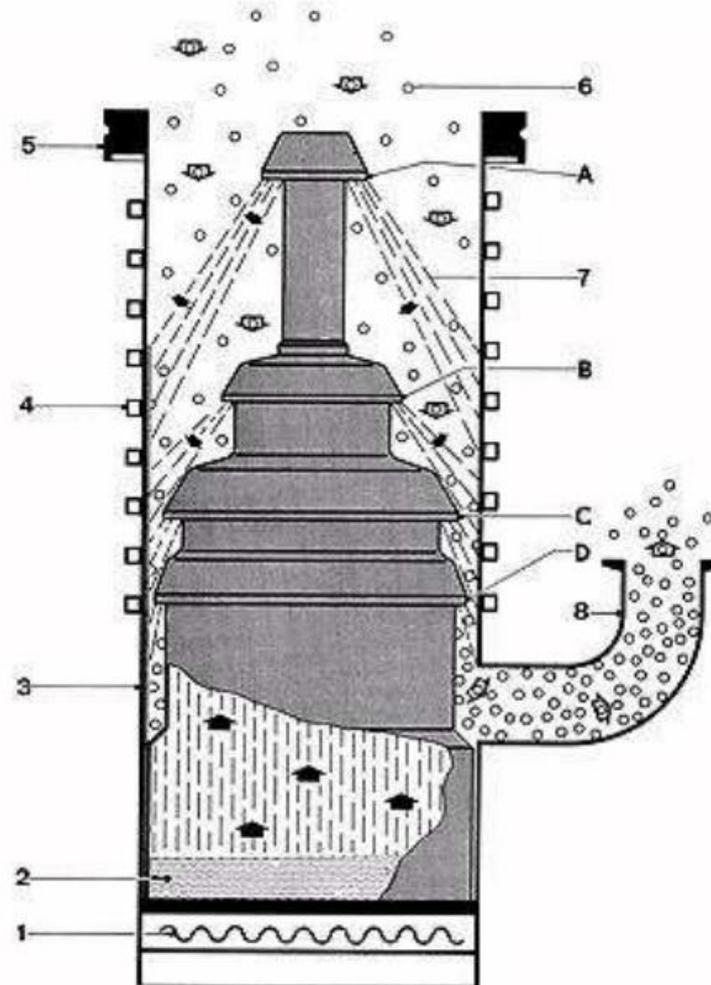
Bomba de Parafuso



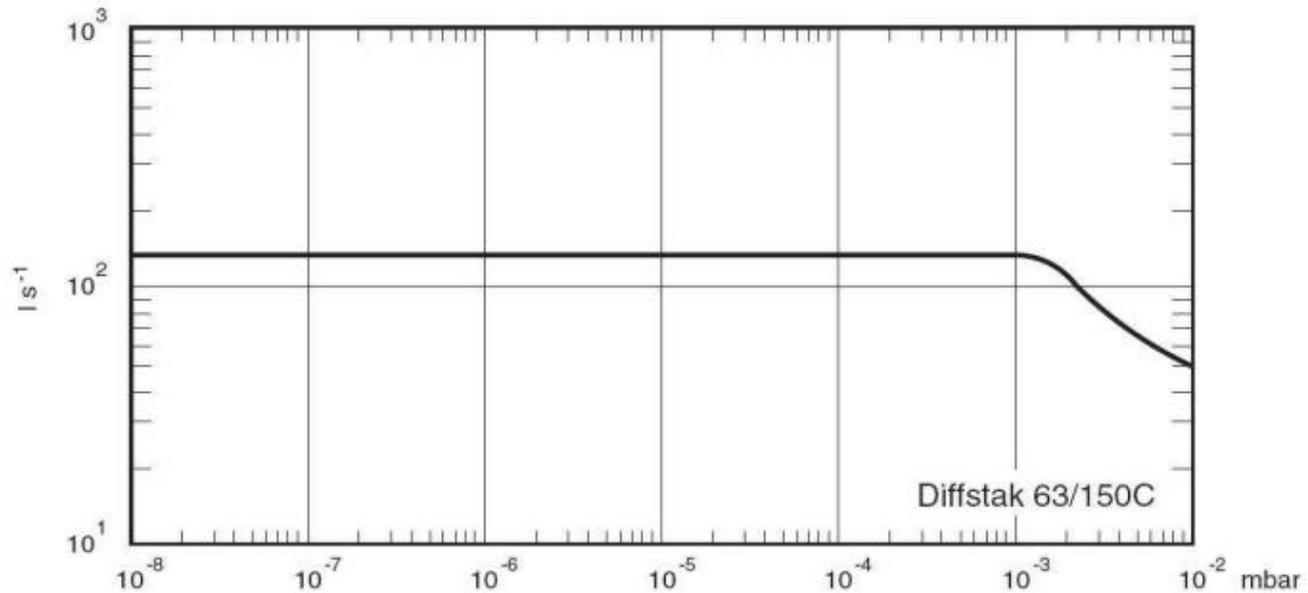
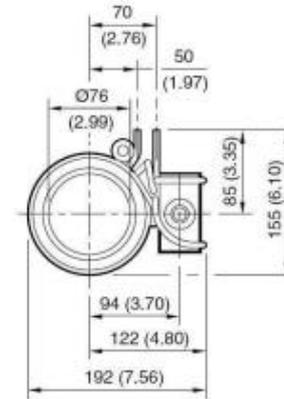
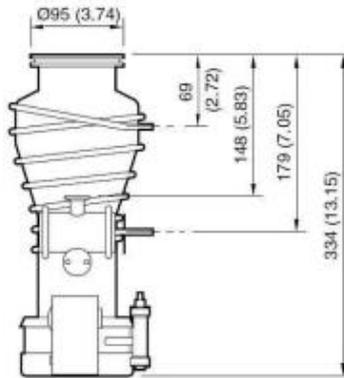
Bombas de vácuo

Bomba de Difusão

- 1 Heater
 - 2 Boiler
 - 3 Pump body
 - 4 Cooling coil
 - 5 High vacuum flange
 - 6 Gas molecules
 - 7 Vapor jet
 - 8 Backing vacuum connection
- A }
B } Nozzles
C }
D }



Bombas de vácuo



Bombas de vácuo

Bomba Turbomolecular

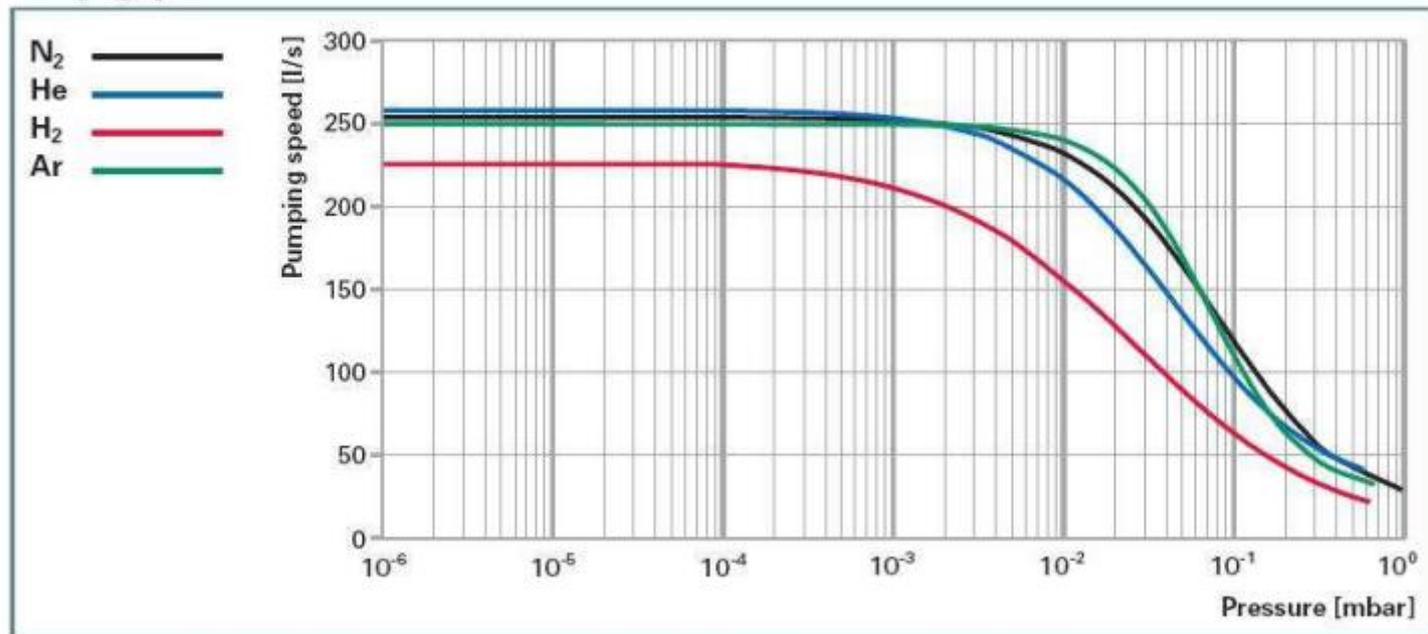


Bomba Turbomolecular



Bombas de vácuo

Bomba Turbomolecular

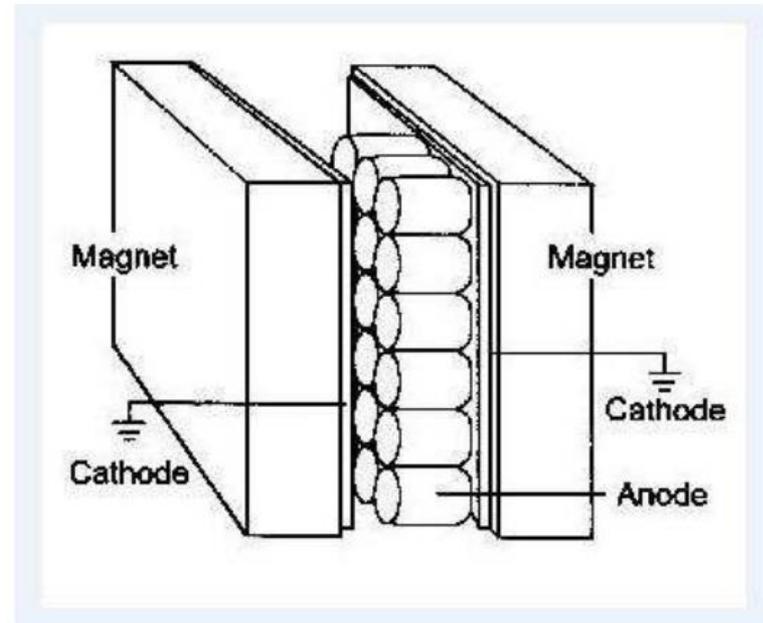


Bombas de vácuo

Bomba Magneto-lônica

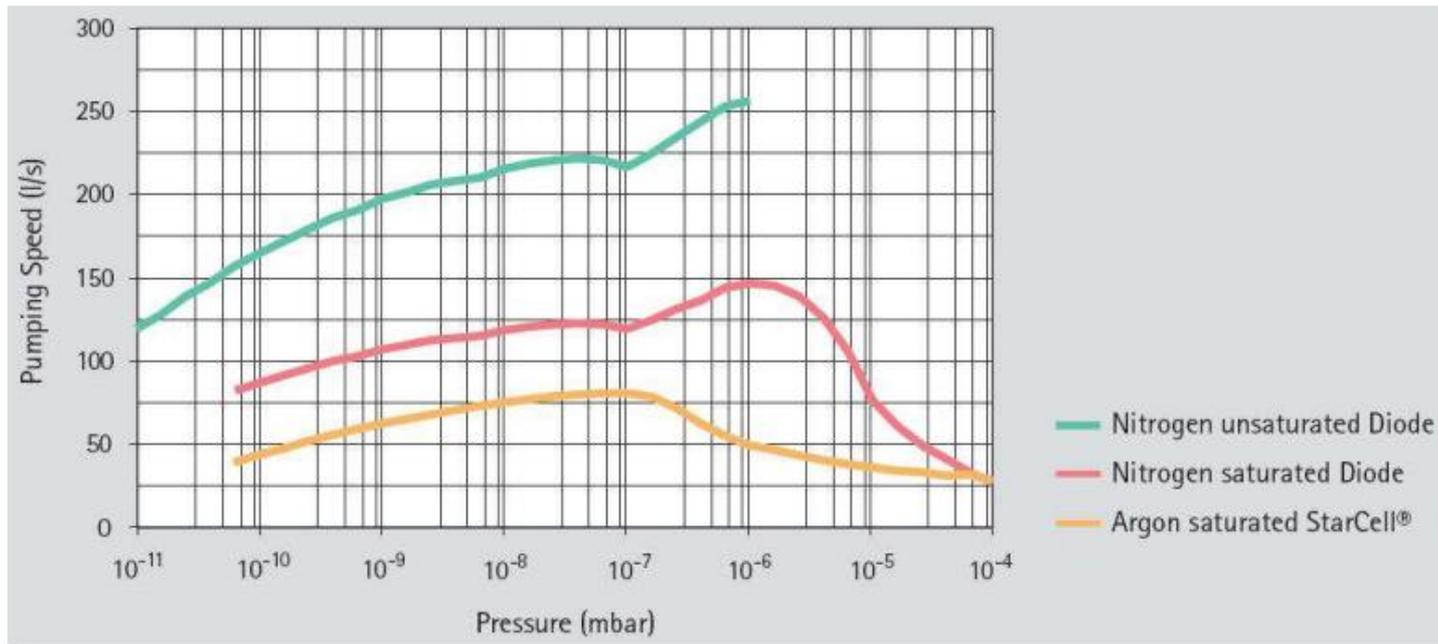


Bomba Magneto-lônica



Bombas de vácuo

Bomba Magneto-Iônica



Bombas de vácuo

Bomba Magneto-lônica



Bomba Magneto-lônica

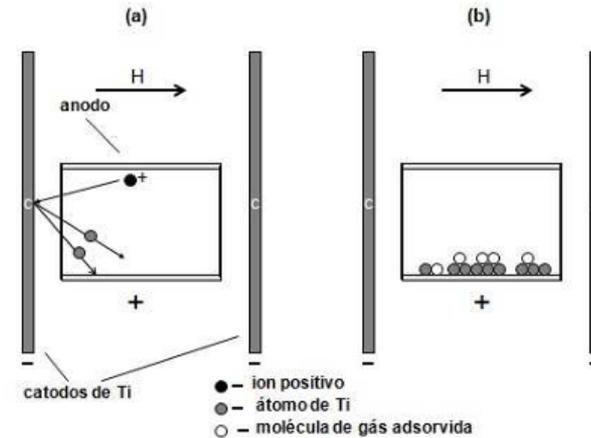
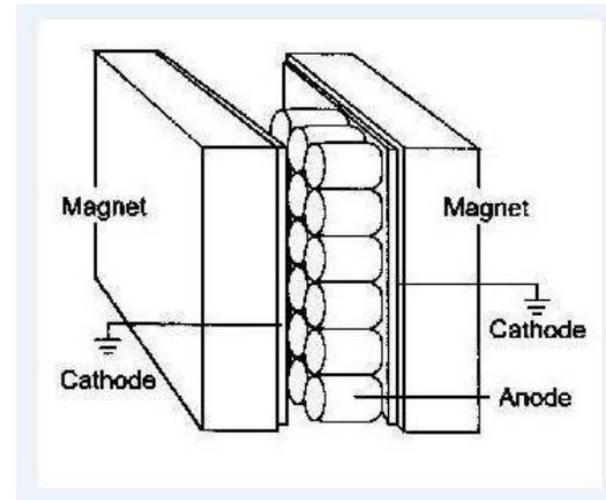
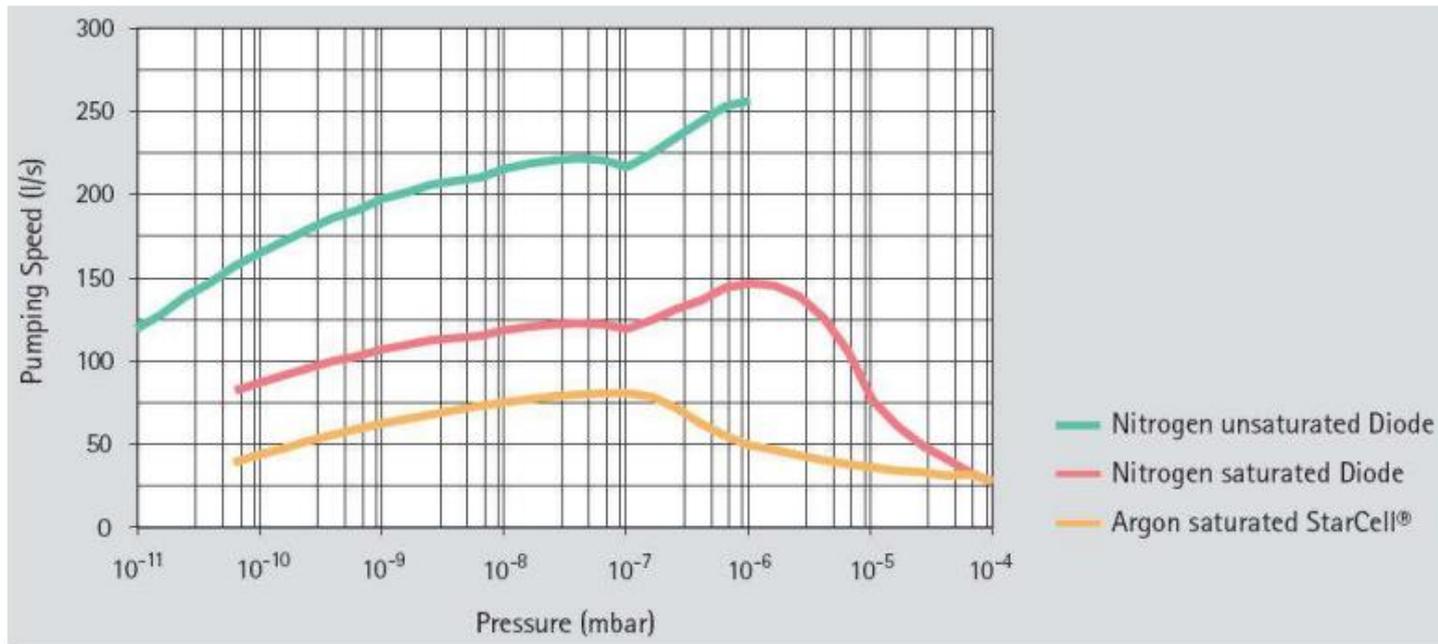


Figura 3. Representação esquemática dos catodos e de uma célula do anodo de uma bomba diodo. (a) *Sputtering* do catodo de titânio; (b) captura das espécies gasosas pelo titânio depositado.

Bombas de vácuo

Bomba Magneto-Iônica



Bombas de vácuo

Bomba Orbitron

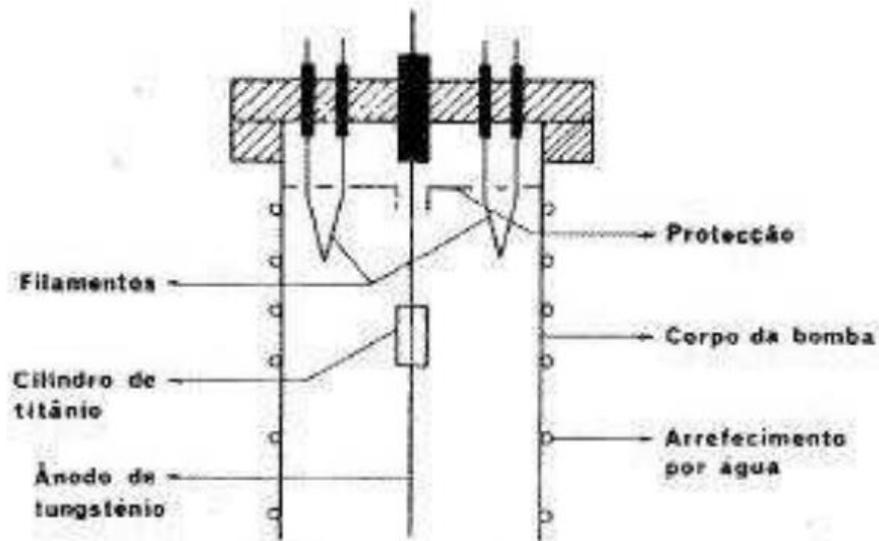
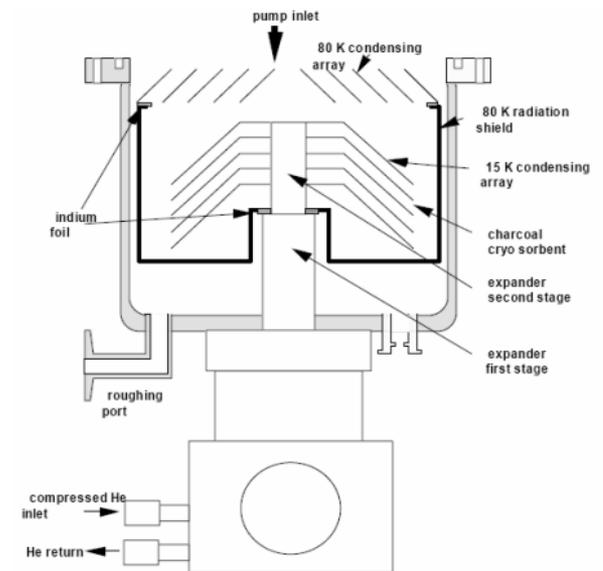
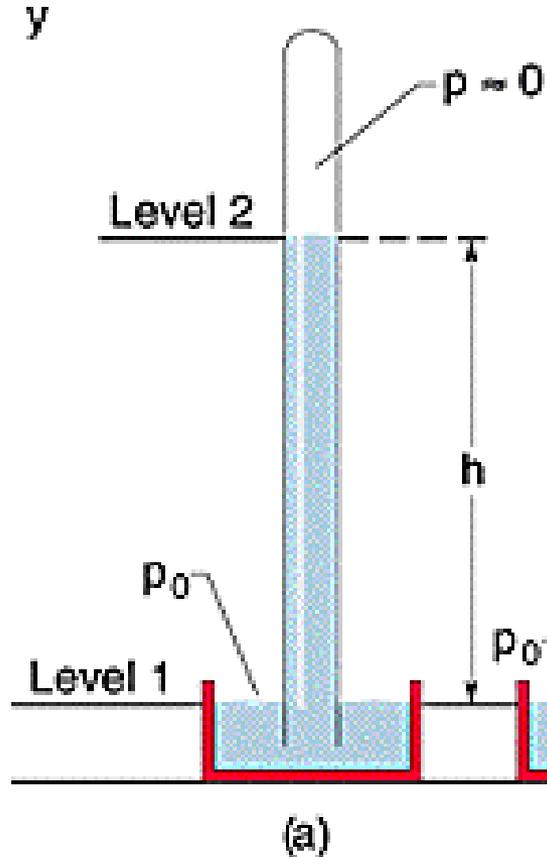


Fig. 3.32 — Esquema de um orbitron

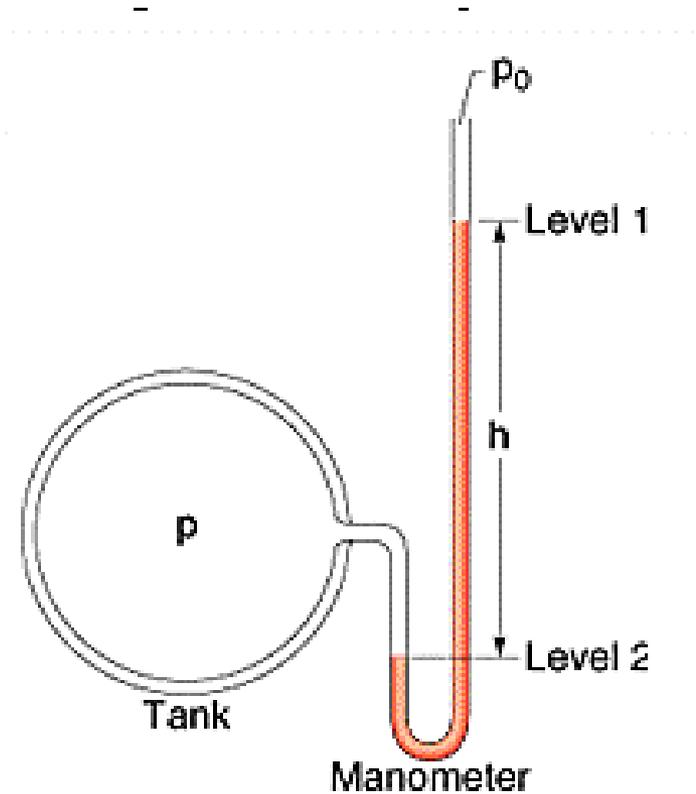
Bomba Criogênica



Medidores de pressão...

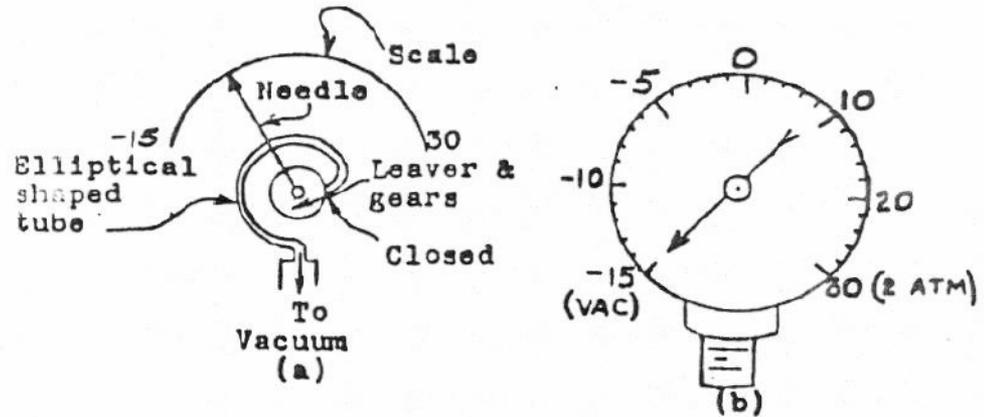


O Barômetro de Mercúrio



O Manômetro de Tudo aberto

Medidores de pressão...

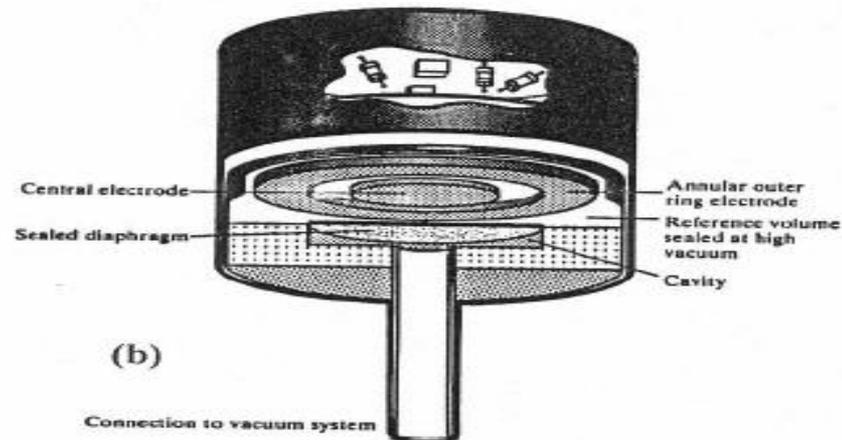
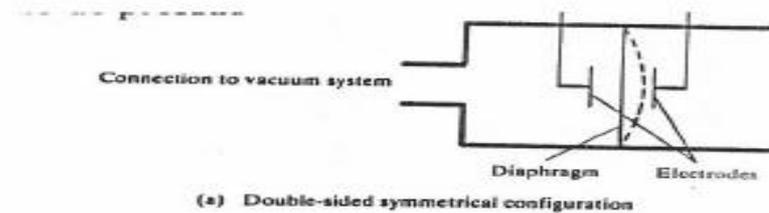


Medidor Bordon

O medidor Bordon consiste basicamente de um tubo flexível recurvado. Uma das extremidades do tubo é ligada ao sistema de vácuo e a outra é selada. Quando há uma mudança de pressão no interior do tubo, a sua curvatura se modifica, o que causa uma mudança da indicação do ponteiro.

Medidores de pressão...

Medidores de Membrana Capacitiva - Baratron



Medidor de Membrana Capacitiva (Barocel)

Um medidor de membrana consiste basicamente de uma placa sensora (um lado de um capacitor plano) isolada do meio por uma membrana sensível.

A variação de pressão exercida pelo meio na membrana, provoca uma deflexão desta em relação à placa sensora.

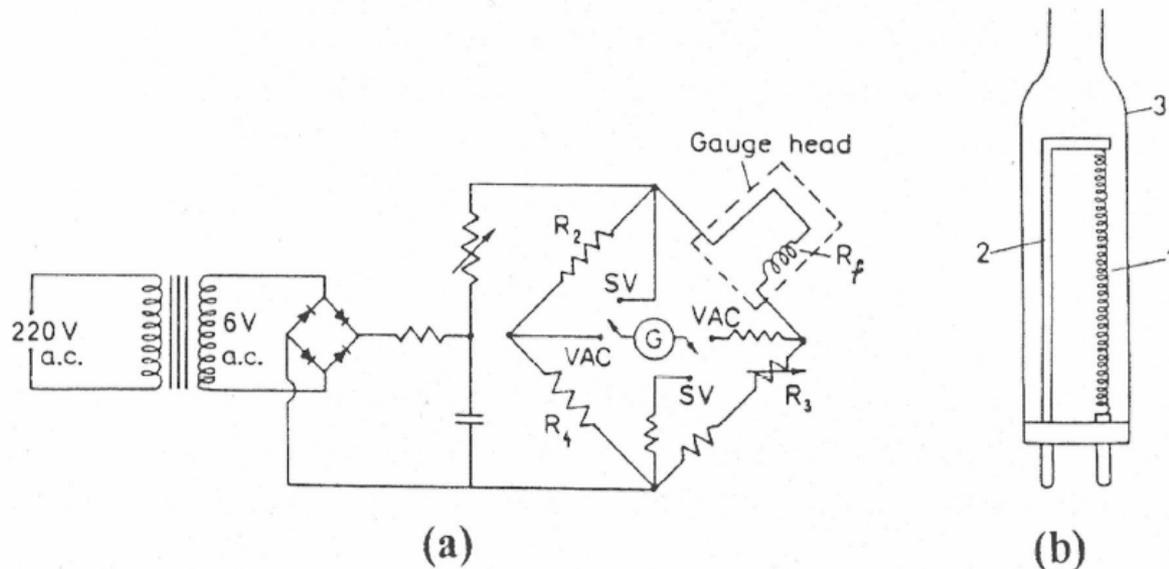
Se mantermos o dielétrico constante, teremos uma variação da capacitância proporcional à pressão exercida sobre a membrana.

Medidores de pressão...

Medidor de Condutividade Térmica (Pirani)

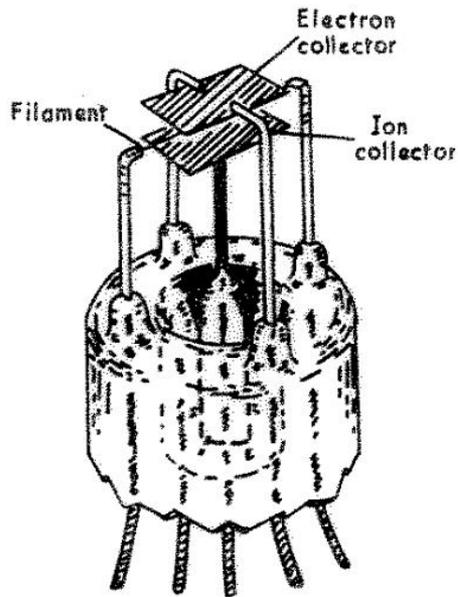
O princípio de funcionamento de um medidor de vácuo tipo Pirani é o da condutividade térmica dos gases.

Um filamento é aquecido por uma corrente elétrica na atmosfera do gás cuja pressão se quer medir. Devido a presença do gás, o filamento irá dissipar energia térmica por condução. A dissipação será tanto maior quanto maior for a pressão. Conseqüentemente, a temperatura do filamento é uma função da pressão ($\Delta T \propto P$), decrescendo monotonicamente com a mesma.

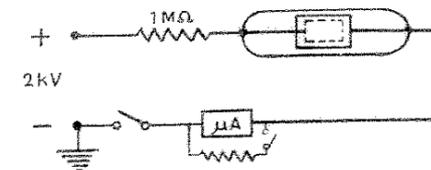
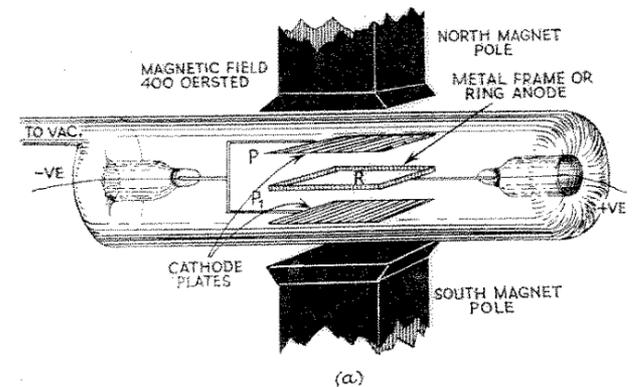


Medidores de pressão por ionização

- *Ionização de Catodo quente (direita) ou frio. (i depende de P)*

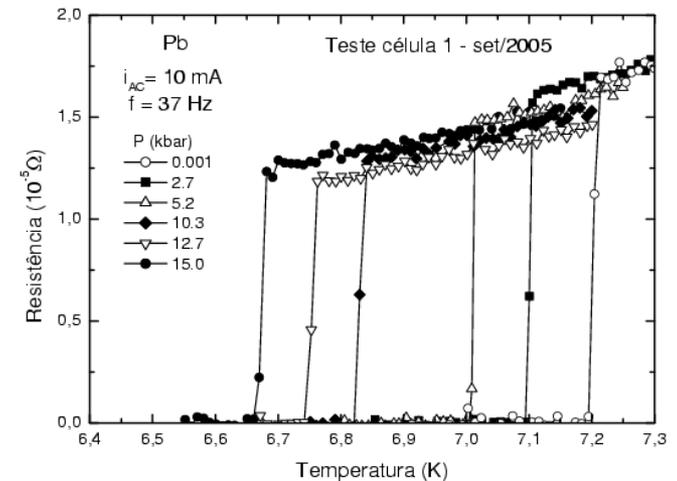
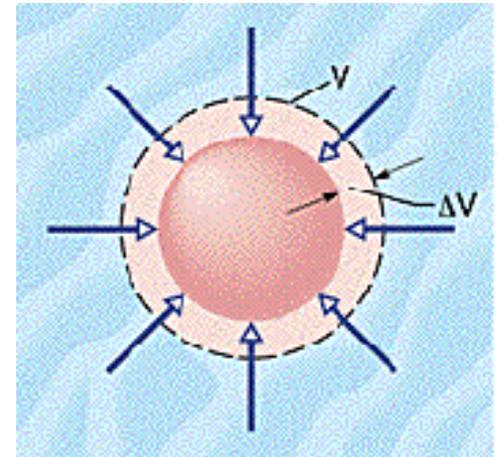


The ionization gauge designed by Schulz and Phelps for high-pressure operation.



The Penning cold-cathode ionization gauge

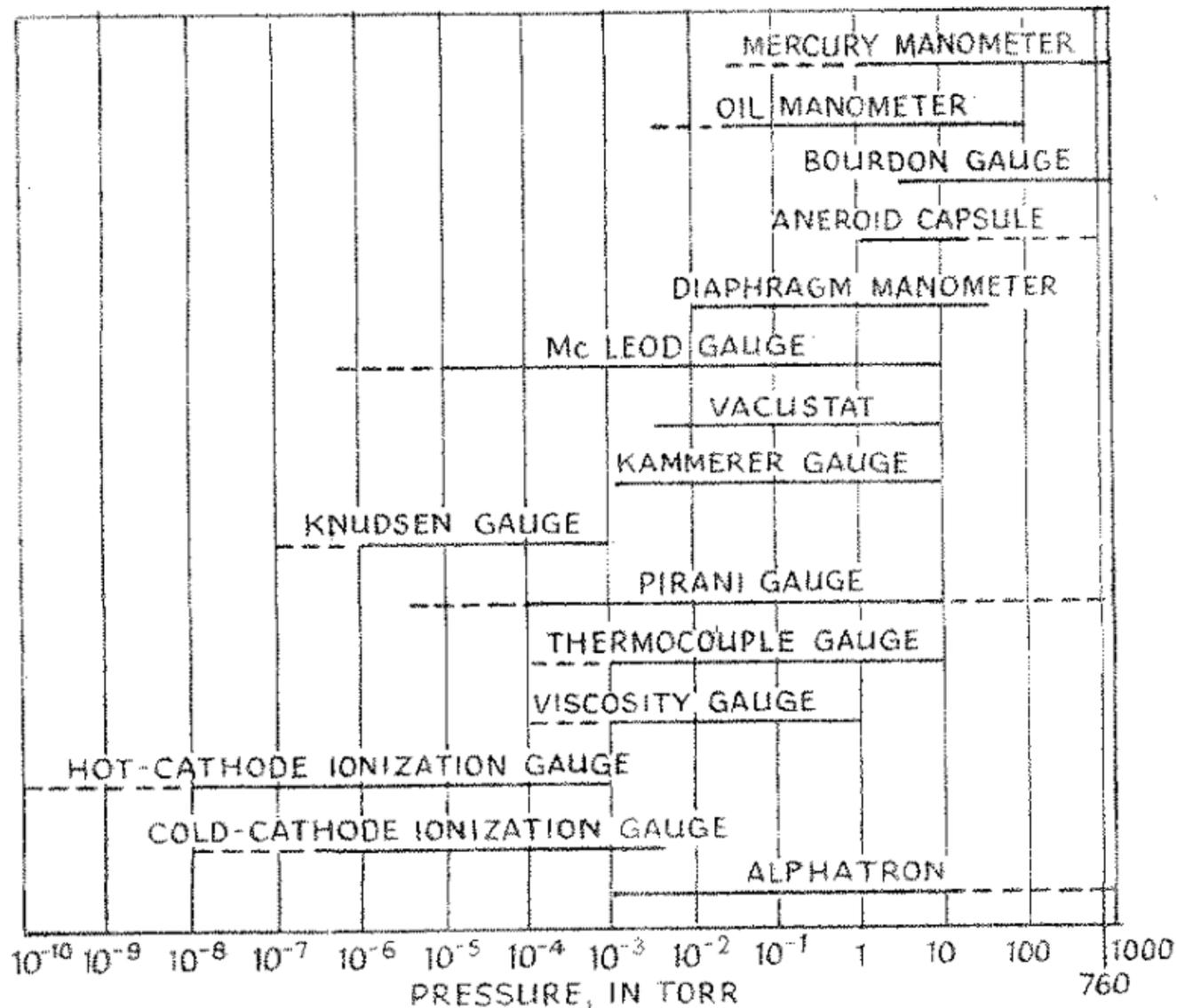
T_C do chumbo como medidor de pressão



$$P = B \frac{\Delta V}{V}$$

B é o módulo de compressibilidade

Comparação entre medidores....



O que iremos estudar ao longo do semestre:

→ Teoria de gases rarefeitos:

- Equação de estado de gases ideais
- Equação de estado de gases reais → Cálculos cinético da energia das moléculas, da pressão, etc...
- Livre caminho médio

→ escoamento de gases:

- Viscosidade do gás
- Condutância
- Velocidade de escoamento, etc...



That's all folks!