



Laboratório de Ciência e Tecnologia do Vácuo

1º SEMESTRE DE 2018

Nilberto H. Medina

medina@if.usp.br

Saulo Gabriel Alberton

alberton@if.usp.br

Resumo Histórico

- O que é VÁCUO?
 - no dicionário: *um lugar onde não contém nada; espaço imaginário ou real não ocupado por coisa alguma*
 - no cotidiano: “presença” do nada.

É possível criar um espaço de ausência total de matéria? Existe o vazio absoluto?

Resp.: Não, aparentemente.

Definição dada pela American Vacuum Society:

É um dado espaço preenchido com gás a uma pressão abaixo da atmosférica ($< 2,5 \times 10^{19}$ moléculas/cm³).

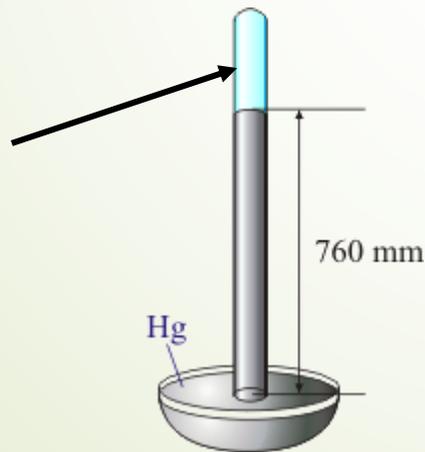
Resumo Histórico

- Na Grécia antiga, filósofos debatiam sobre a existência do vazio absoluto.
- “A natureza tem horror ao vácuo...”

Aristóteles (384 – 322 a.C.)

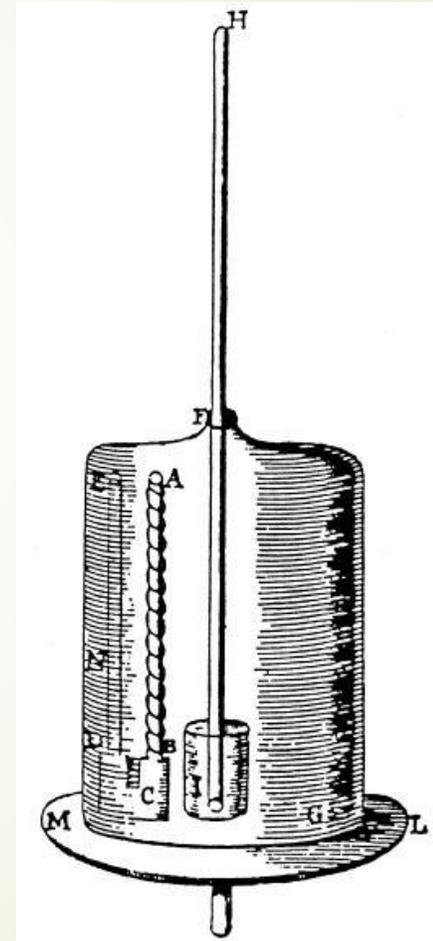
- Século XVII – Galileo Galilei, Torricelli e o barômetro de tubo fechado.

1º vácuo
produzido
(1643 ?)



Resumo Histórico

- 1660 – Primeira notícia da medida de um sistema em baixa pressão (~ 6 Torr) – Boyle
- Vácuo torna-se interesse do grande público. Desenvolvimento para o entretenimento.

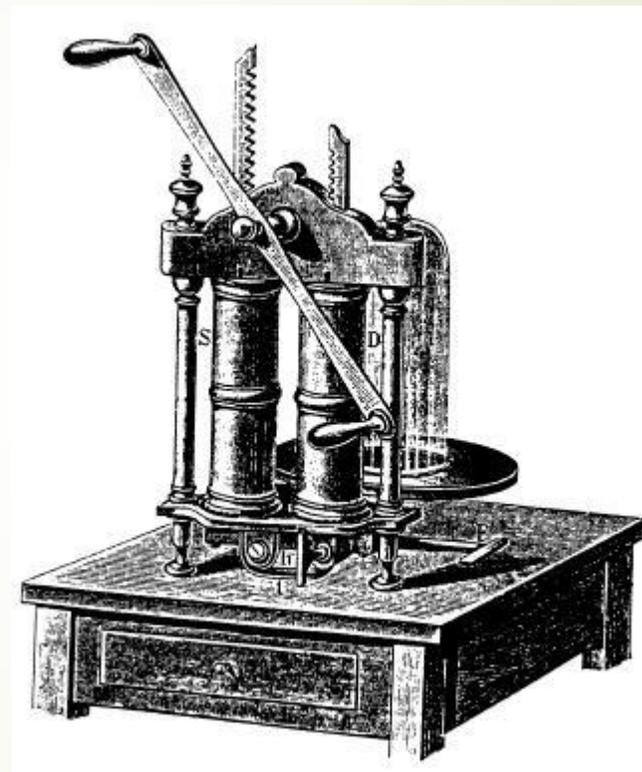




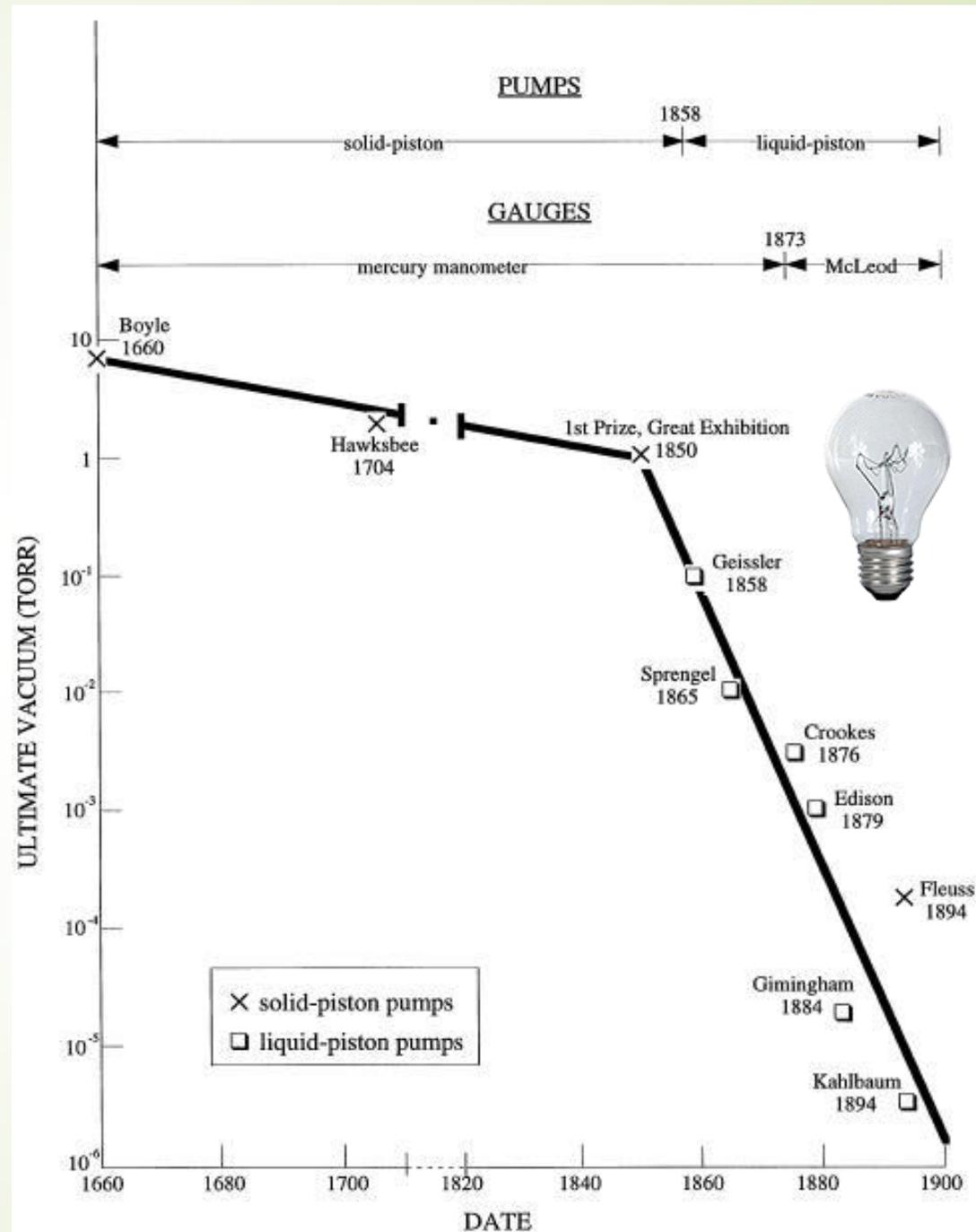
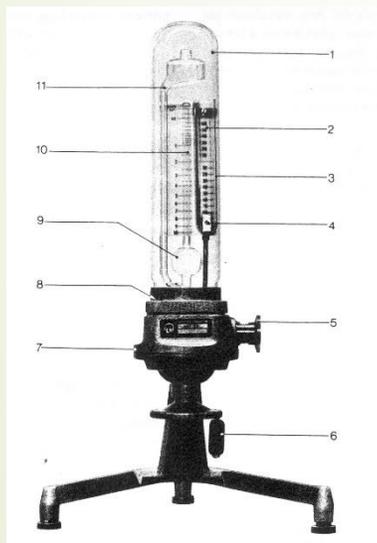
Joseph Wright's painting (1768) of a popular after-dinner demonstration of the effects of vacuum on a small animal. The effects of the lack of atmosphere on a cockatoo is being observed and air was then admitted just in time (in most cases) to save the creature's life.



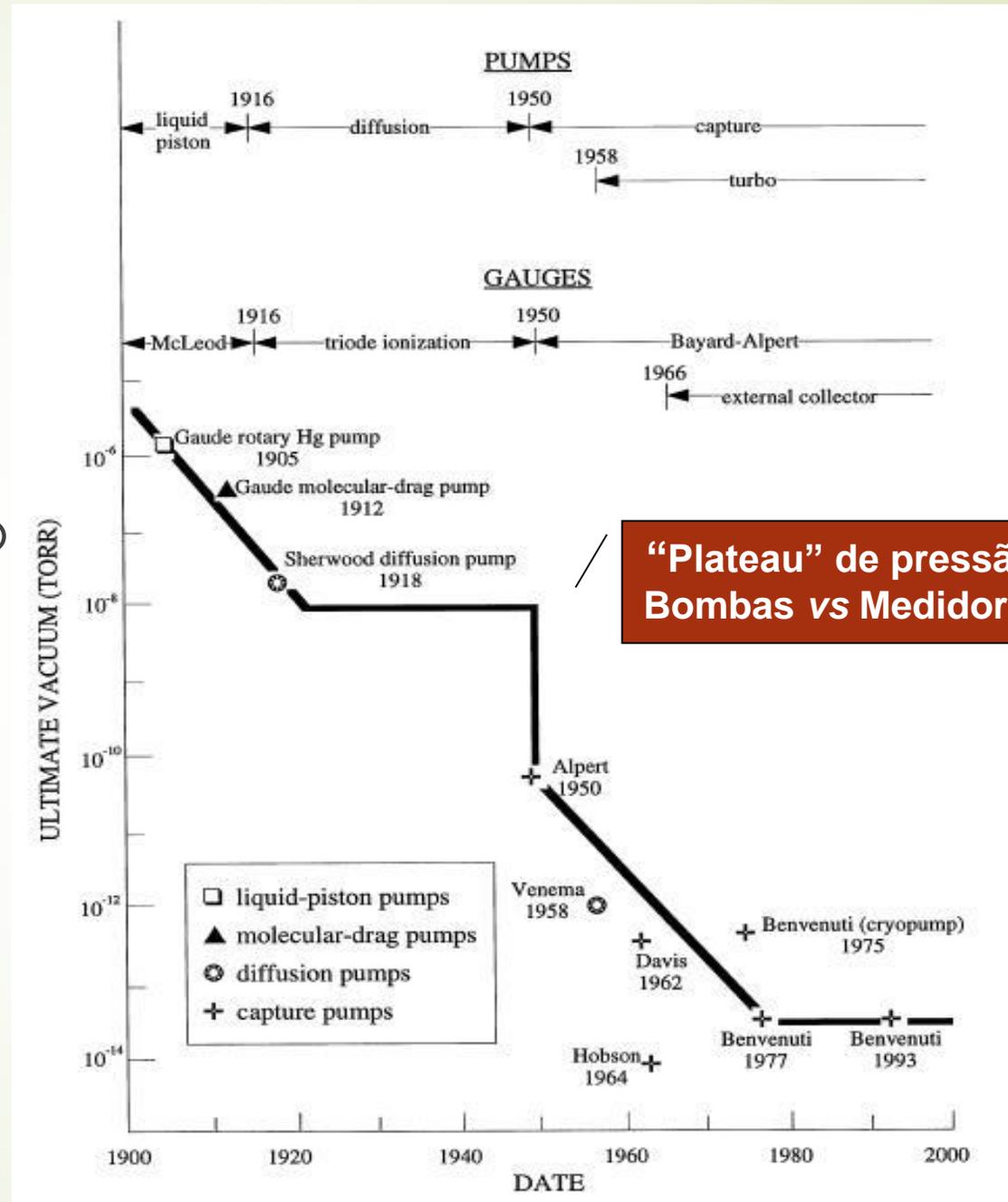
- Maiores esforços concentravam-se no desenvolvimento das bombas de vácuo
- 1850 – Bombas de pistão duplo começam a ser comercializados.
- Emprego da tecnologia de vácuo na indústria



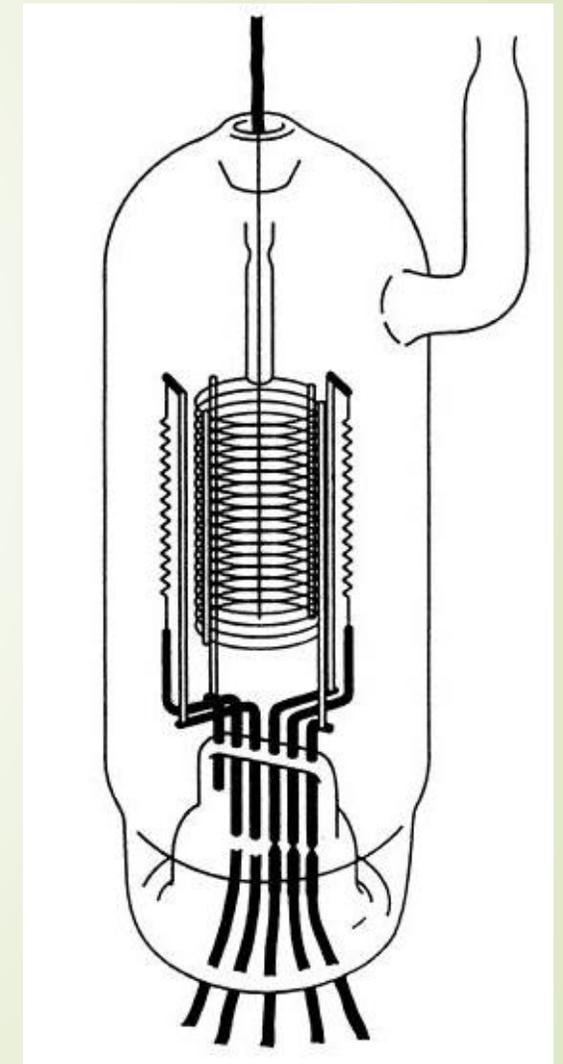
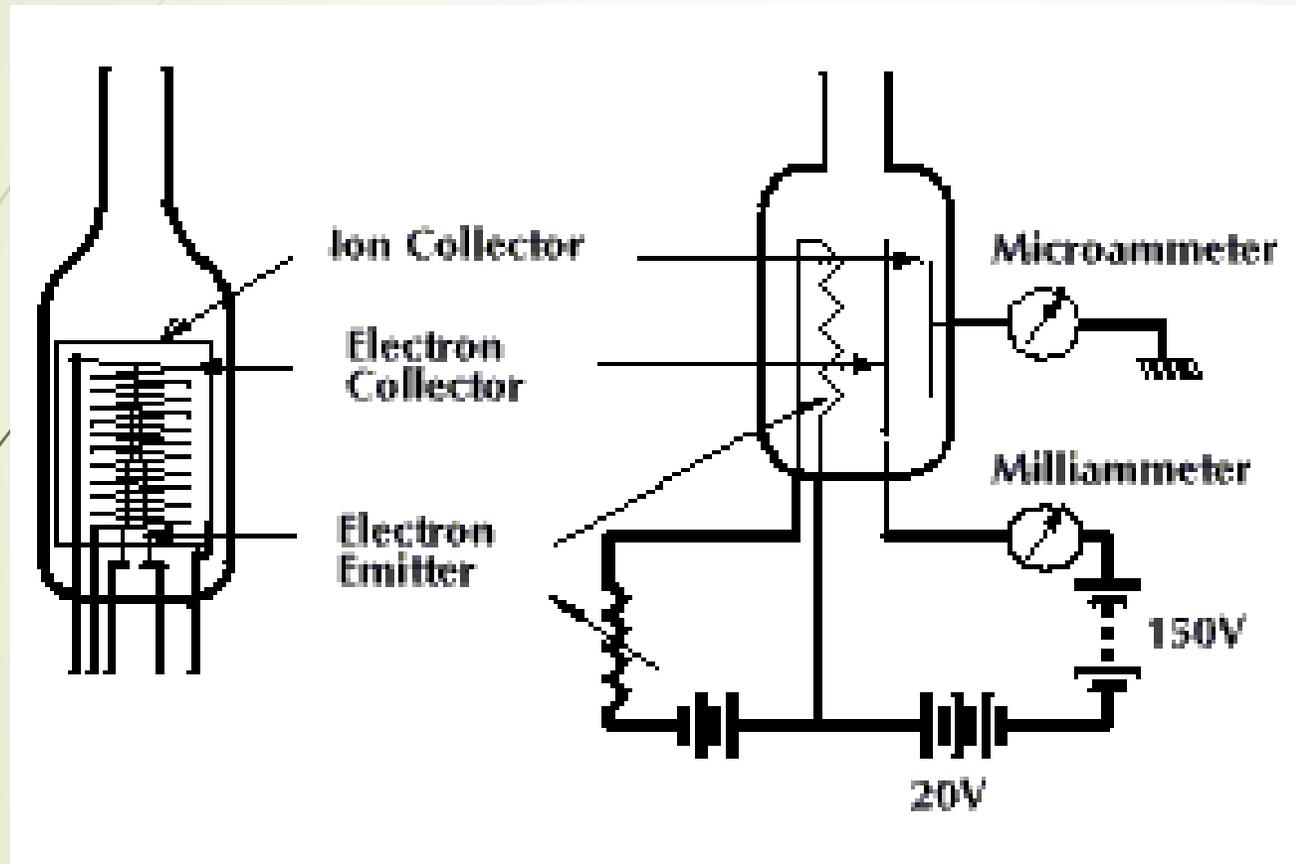
► Panorama da evolução da tecnologia de vácuo até 1900



- Evolução da tecnologia de vácuo 1900-2000
- Desenvolvimento constante
- Era dos grandes aceleradores



- 1950 – Trípodo de ionização e o manômetro Bayard-Alpert



Limitação inferior na medida de pressão (10^{-8} Torr)

Tecnologia do Vácuo

4300323

Professores:

Nilberto Heder Medina (Teoria e Laboratório)

Laboratório Aberto de Física Nuclear, sala 206

Sala de Aula (laboratório): 111, Ala II - térreo

Sala de Aula (teoria): 210, Ala II

tel: 3091-676

medina@if.usp.br

Saulo Gabriel Alberton (Laboratório)

Ed. Oscar Sala, sala 122

tel: 3091-6961

alberton@if.usp.br

Sala de Aula: 111 Ala II – andar térreo

Luiz Marcos Fagundes (Seminários)



Seminários

13/03 – Medidores de pressão

10/04 – Bombas de vácuo I

24/04 – Bombas de vácuo II

08/05 – Materiais e componentes.

Local: Sala 210, ALA II

Horário 19:00 às 20:50

Palestrante: Prof. Luiz Marcos Fagundes

Laboratório de Ciência e Tecnologia do Vácuo

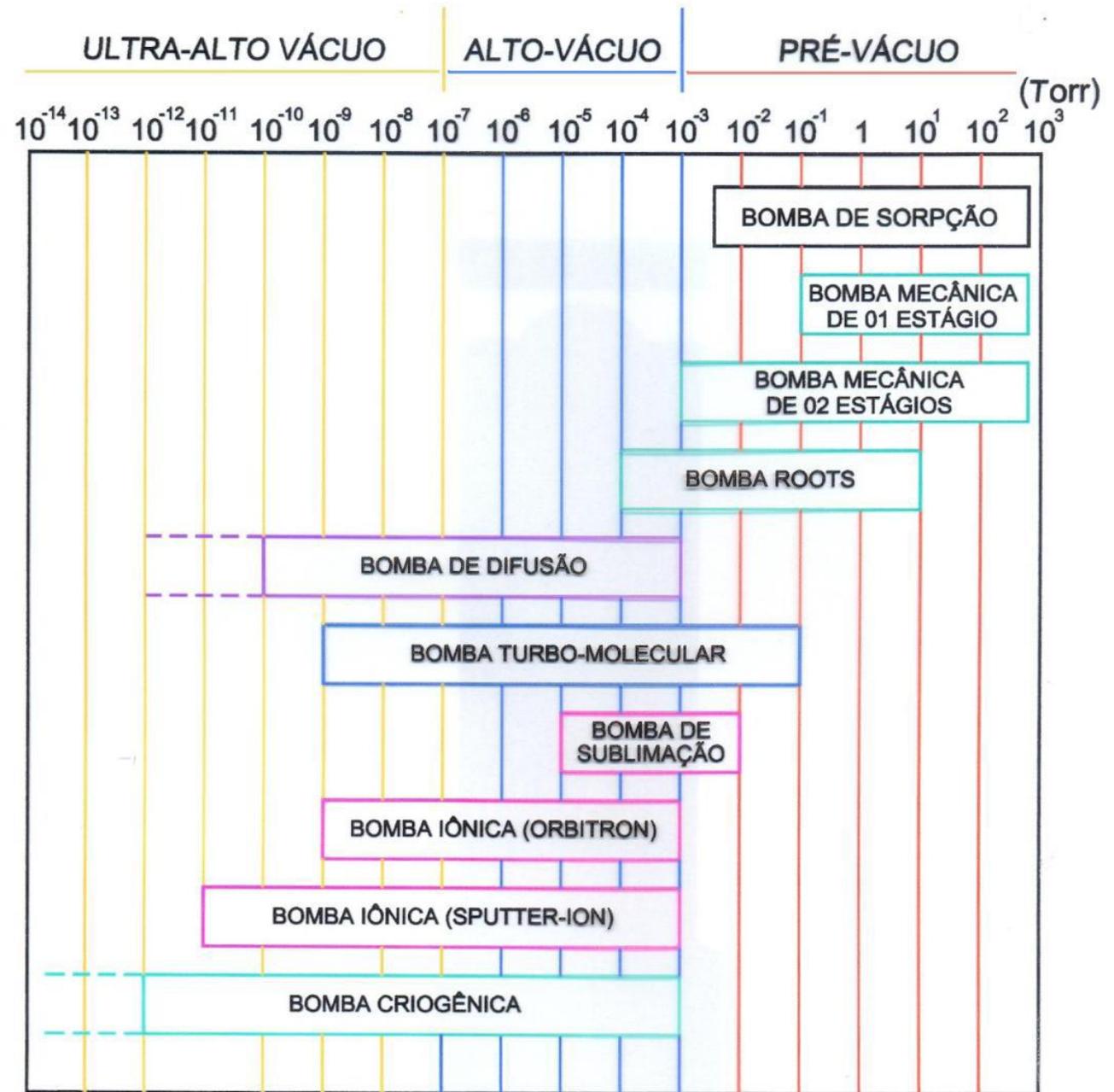
- Conjunto de 6 experimentos, divididos em dois ciclos com 3 experimentos cada.
- 1º ciclo de experimentos: estudo de medidores de pressão
- 2º ciclo de experimentos : bombas de vácuo e condutâncias
- 3º ciclo de experimentos:
 - Detecção de Vazamentos, Vedações e Componentes (local: acelerador Pelletron)
 - Laboratório de Filmes Finos (local: acelerador Pelletron)

Laboratório de Ciência e Tecnologia do Vácuo

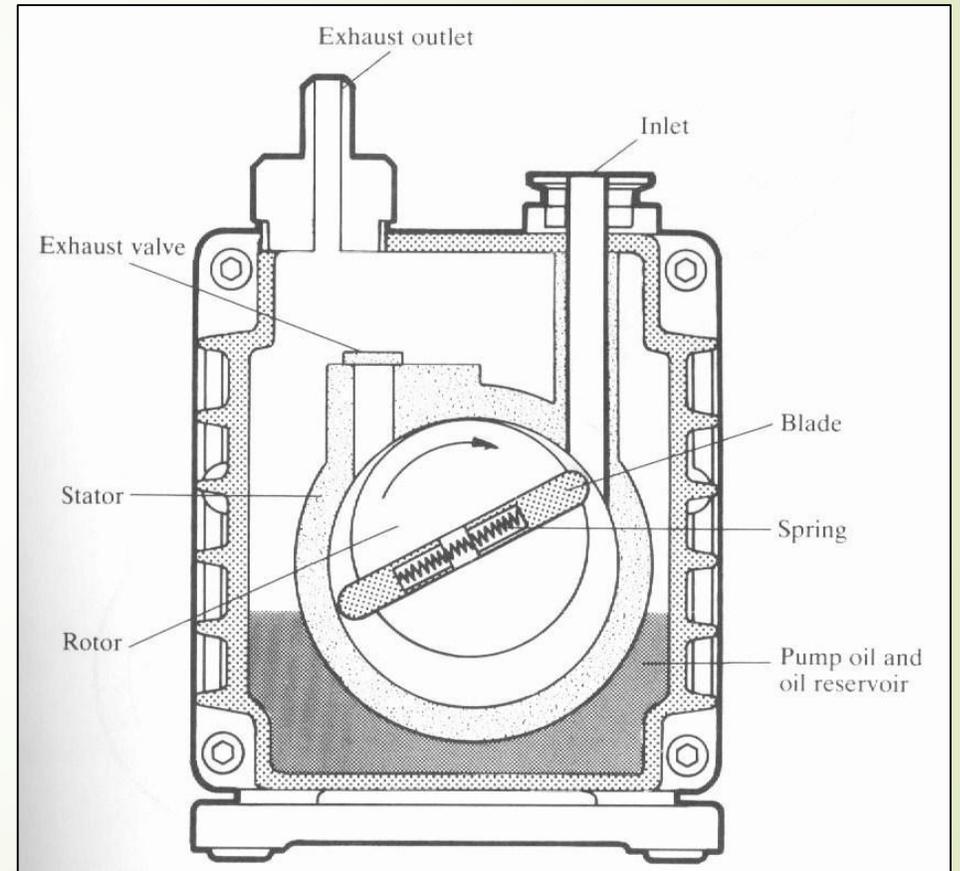
- **Segurança:** cuidado com as correias das bombas mecânicas, temperatura da bomba difusora, alta tensão no penning, temperatura do nitrogênio líquido, etc.
- **Cuidados com os equipamentos:** medidores sensíveis e/ou de vidro, evitar a entrada de óleo na câmara, atentar para o resfriamento da bomba difusora.
- **Independência por parte do aluno é fundamental**

Bombas de vácuo

- Bomba mecânica de 2 estágios
- Bomba de difusão

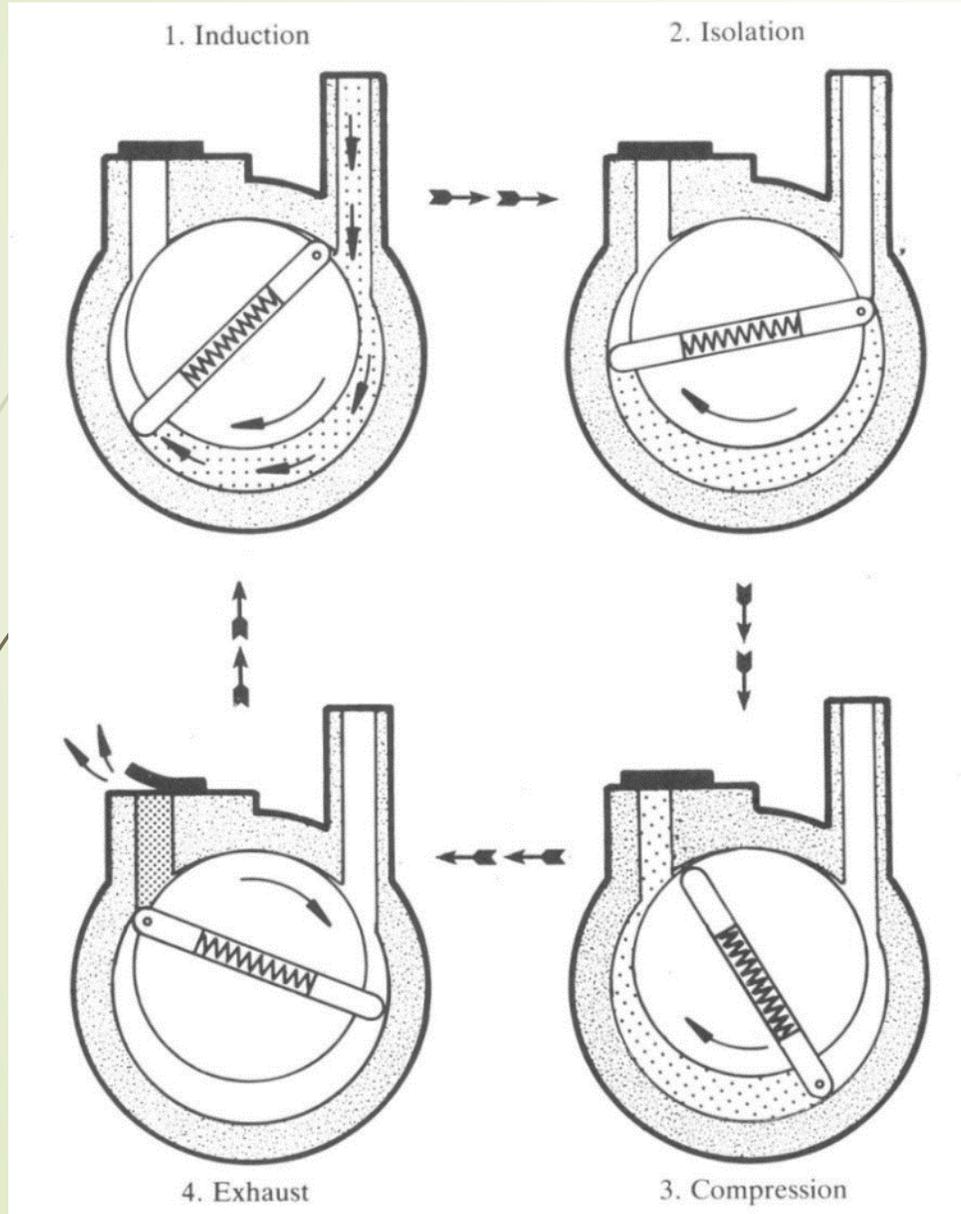


Bomba Mecânica



$$S = 5 \text{ m}^3/\text{h}$$

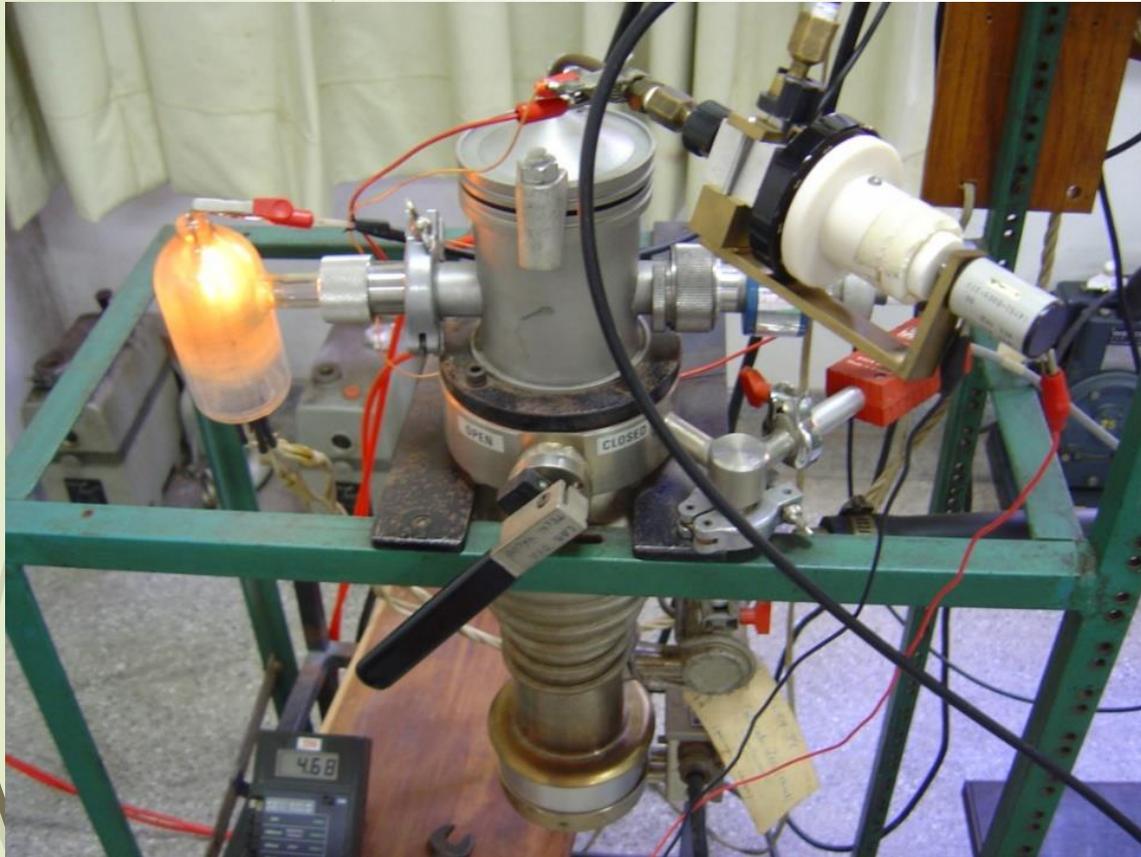
Bomba Mecânica



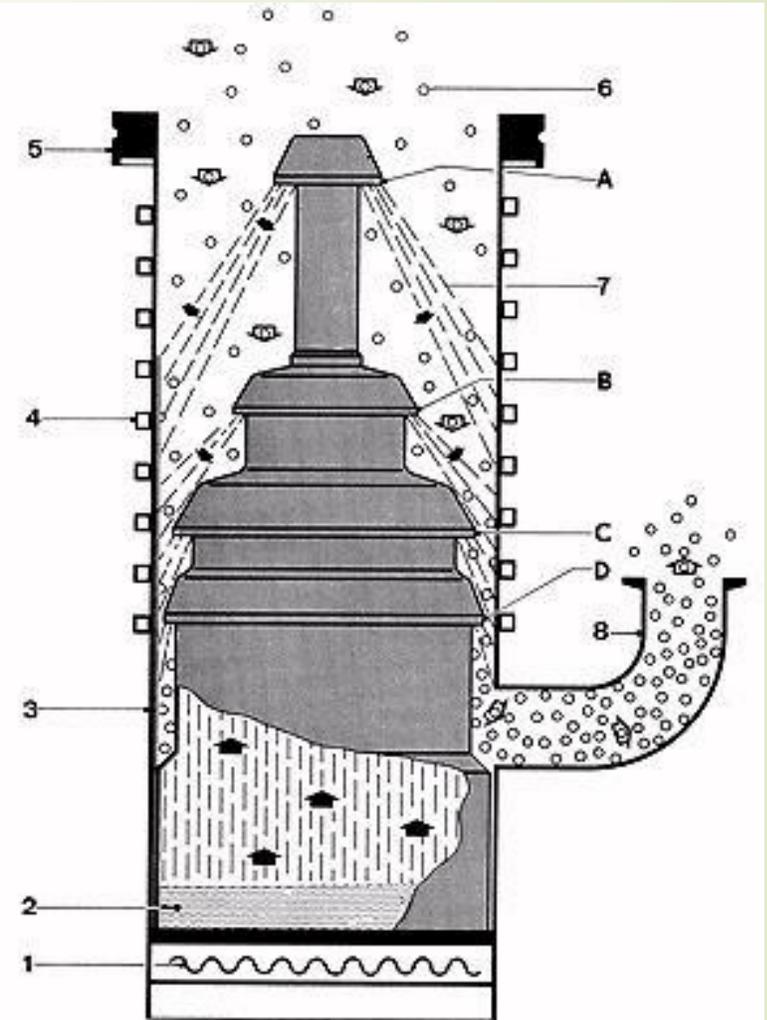
Funções do óleo:

- Vedação
- Lubrificação e ação anti-corrosiva
- refrigeração

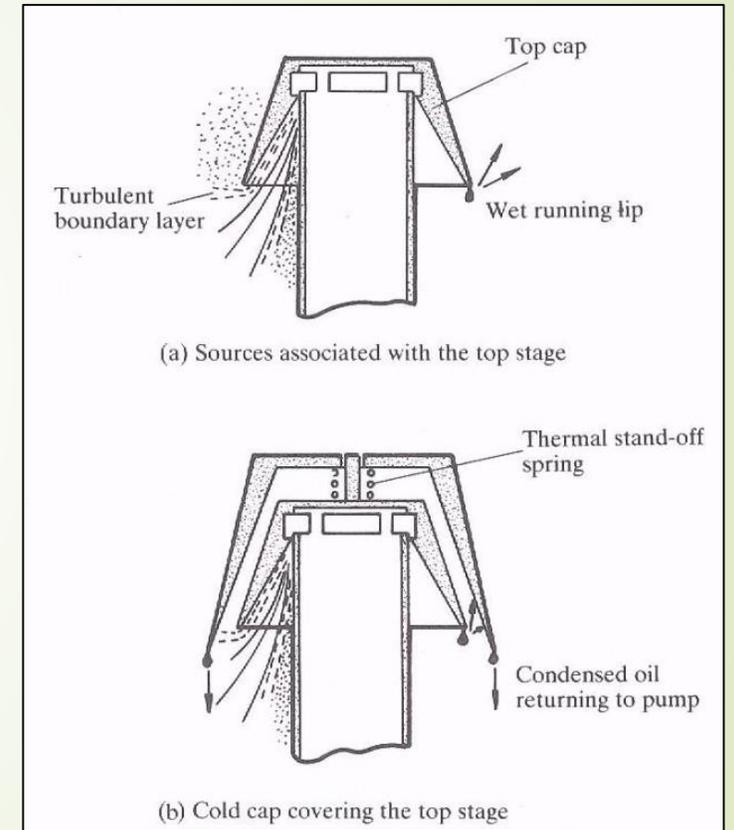
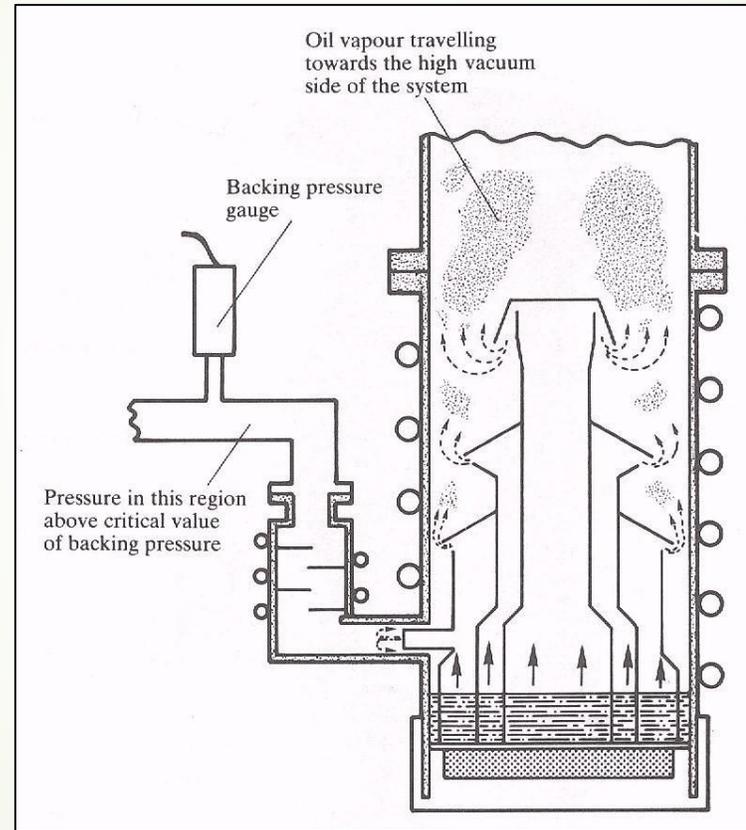
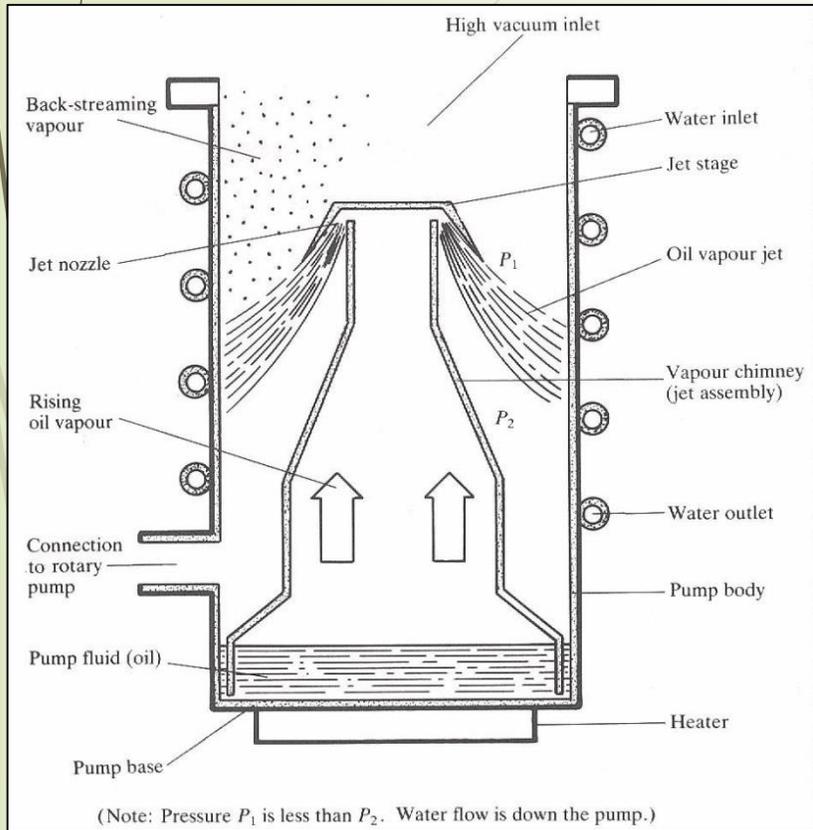
Bomba Difusora



- 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 }



Bomba Difusora



Manutenção das Bombas

- Cuidados com a bomba rotativa

Verificar o nível de óleo da bomba

Verificar a tensão de operação

Verificar as condições da correia

- Cuidados com a bomba difusora

Verificar a tensão da resistência(220 V)

Verificar o fluxo de água ou o ventilador

Tomar cuidado para evitar pressões maiores que 10^{-3} Torr .

Vacuômetros

•Wallace & Tiernan

•McLeod

•Vacustat

•Strain gauge

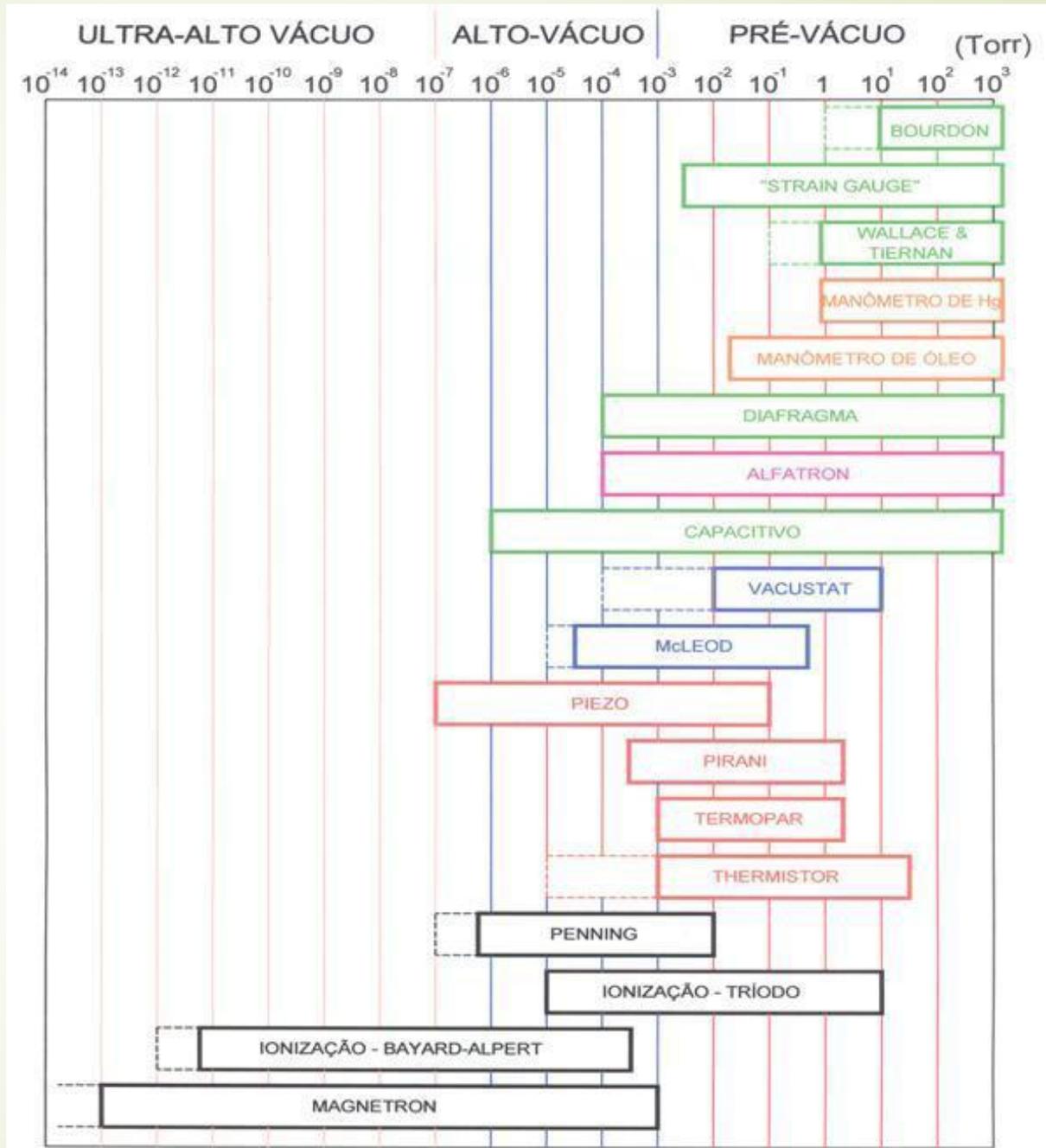
•Pirani

•Termopar

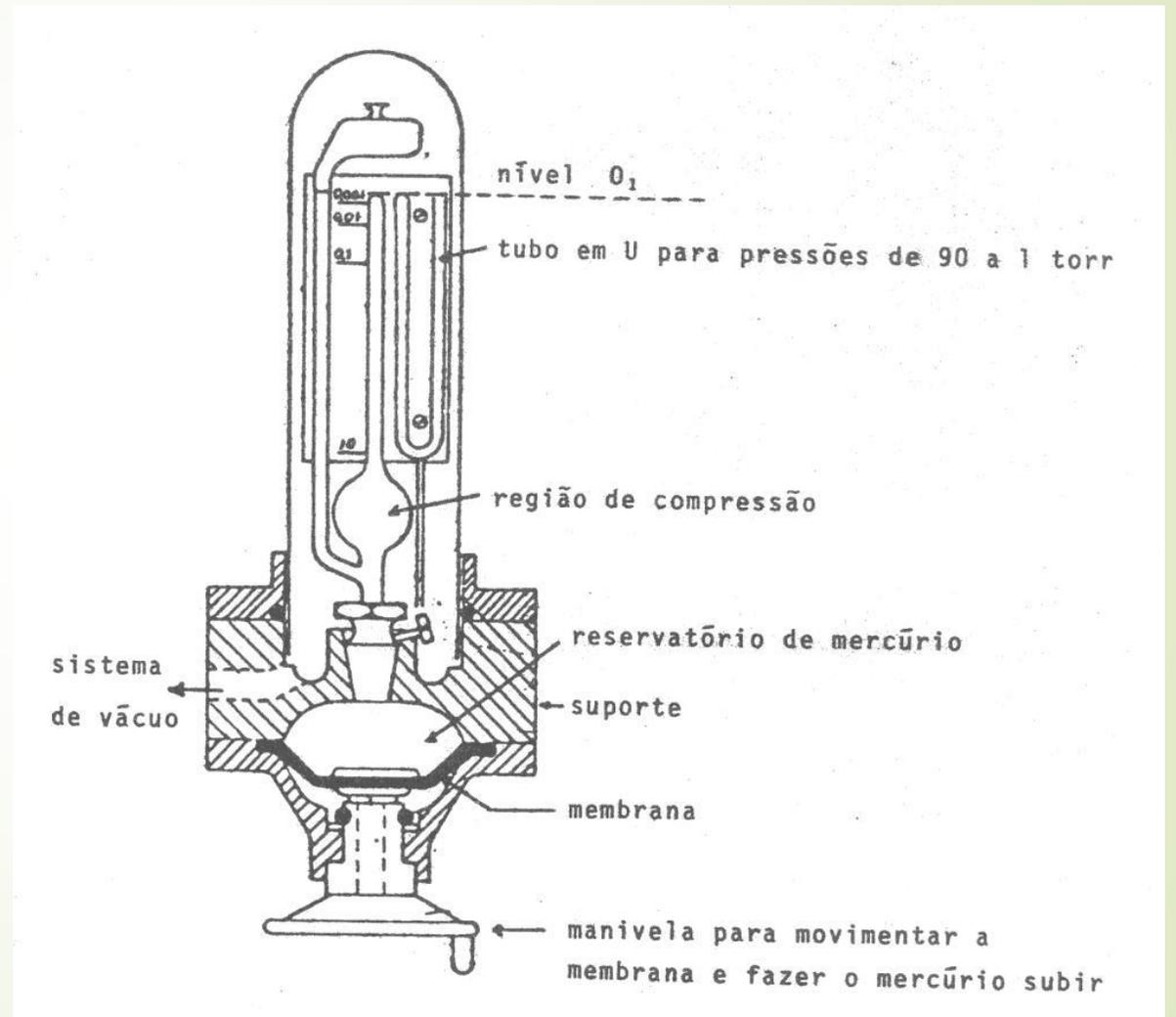
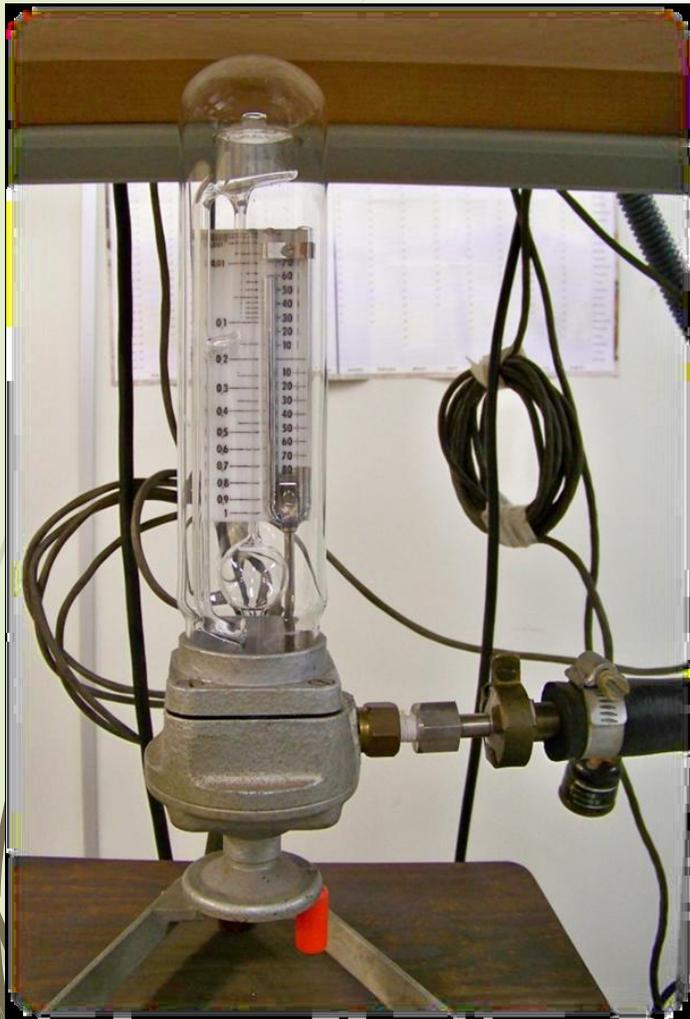
•Thermistor

•Penning

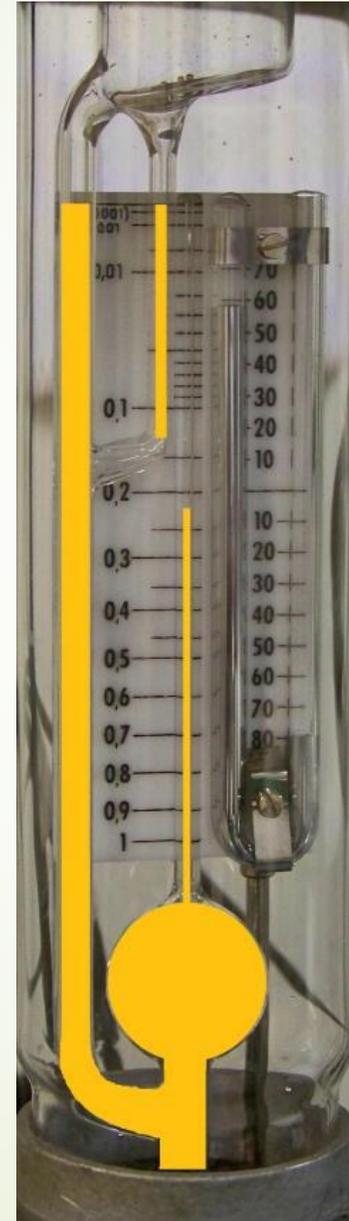
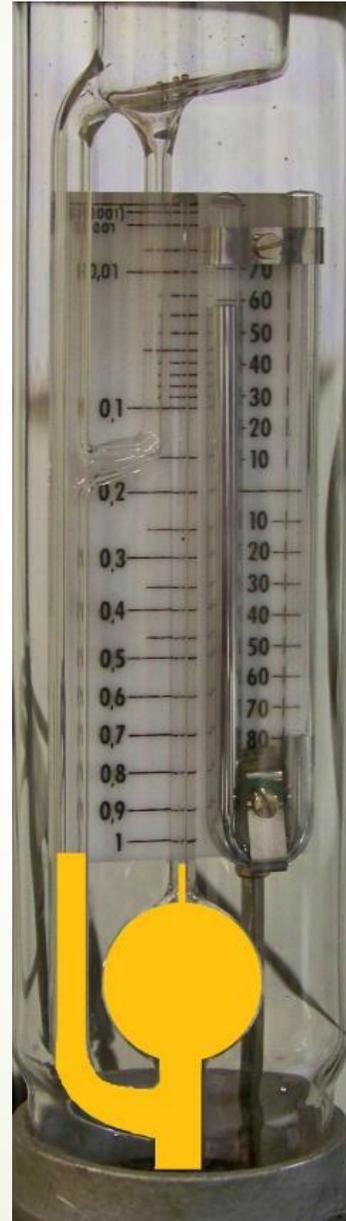
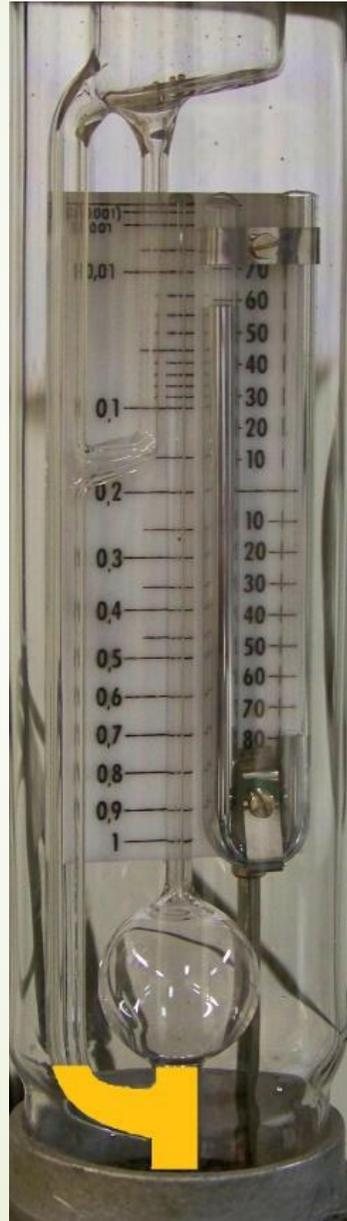
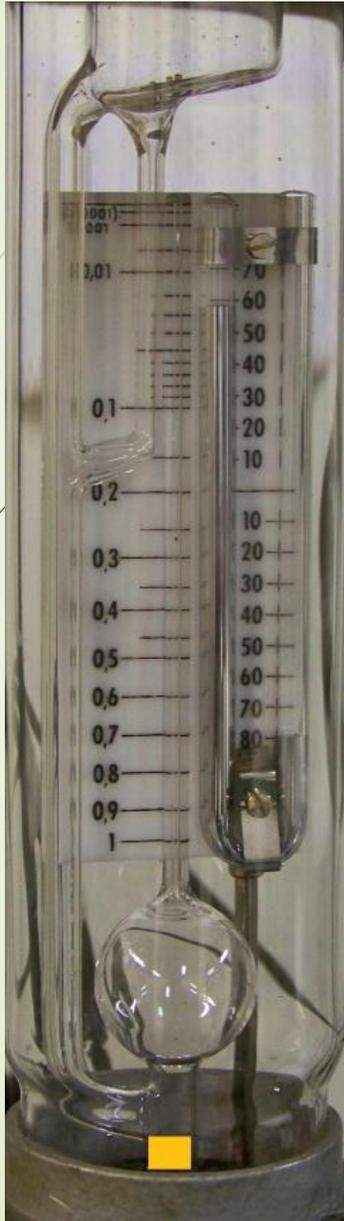
•Bayard-Alpert



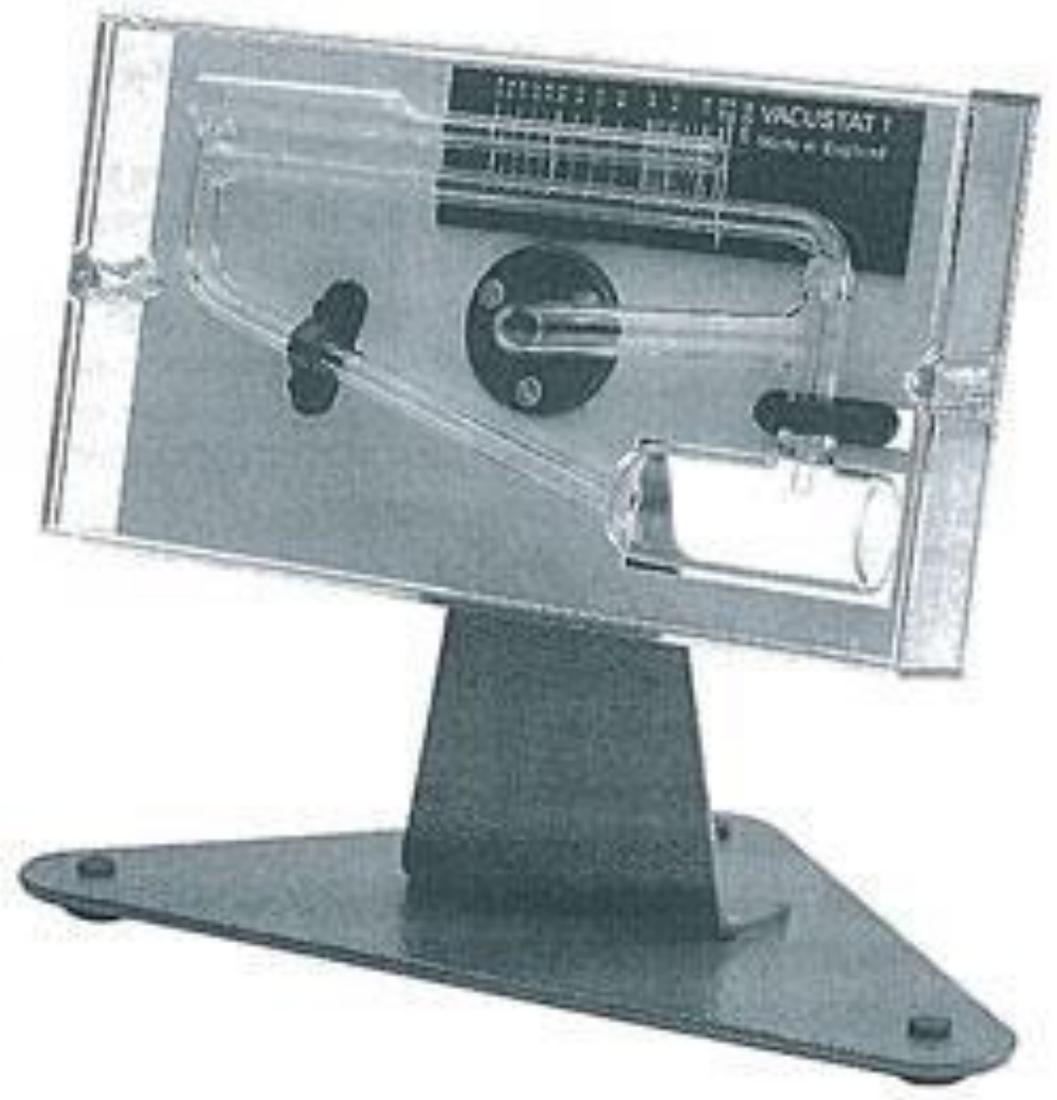
Medidor McLeod ou Kammerer



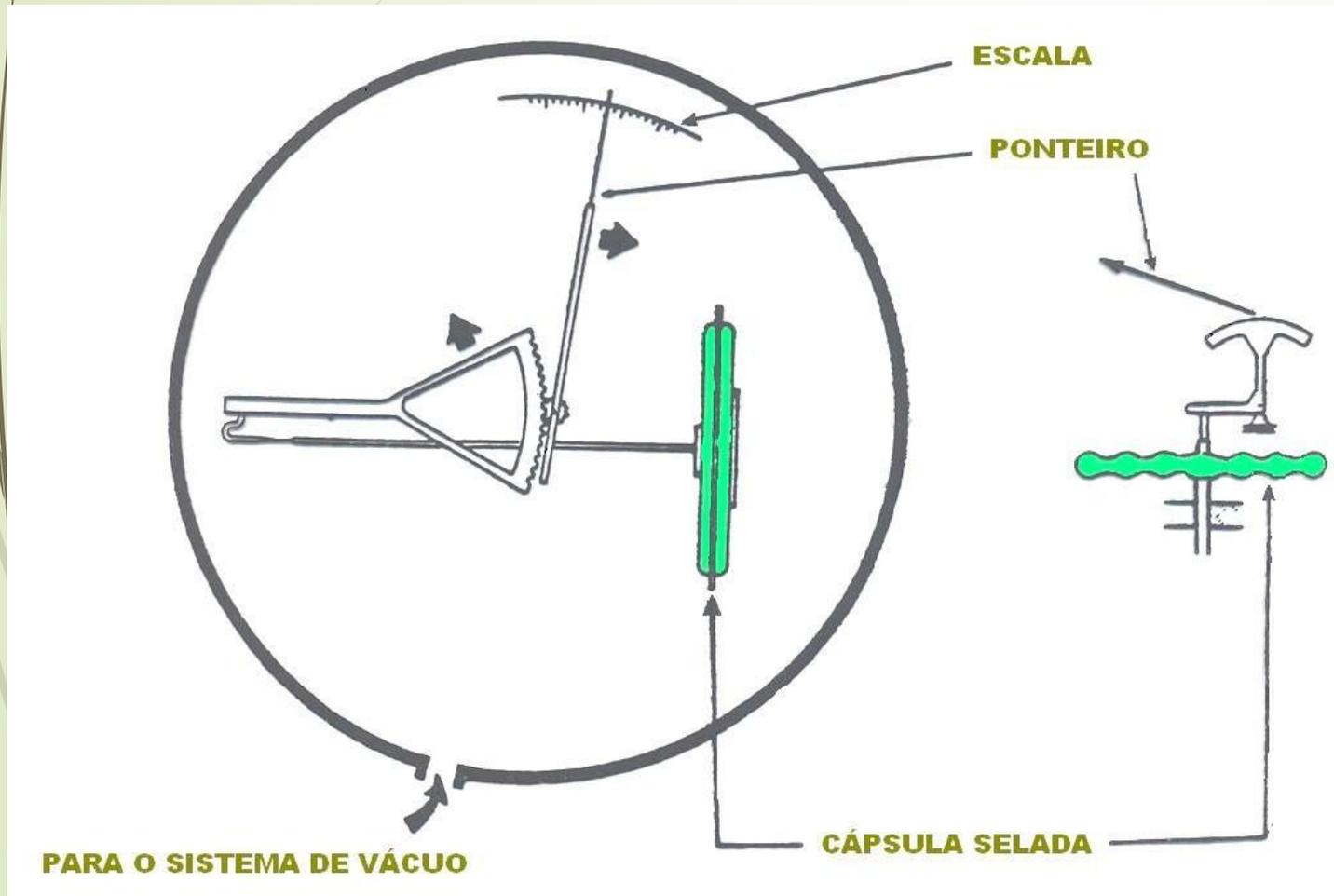
Medidor McLeod ou Kammerer



Medidor Vacustat



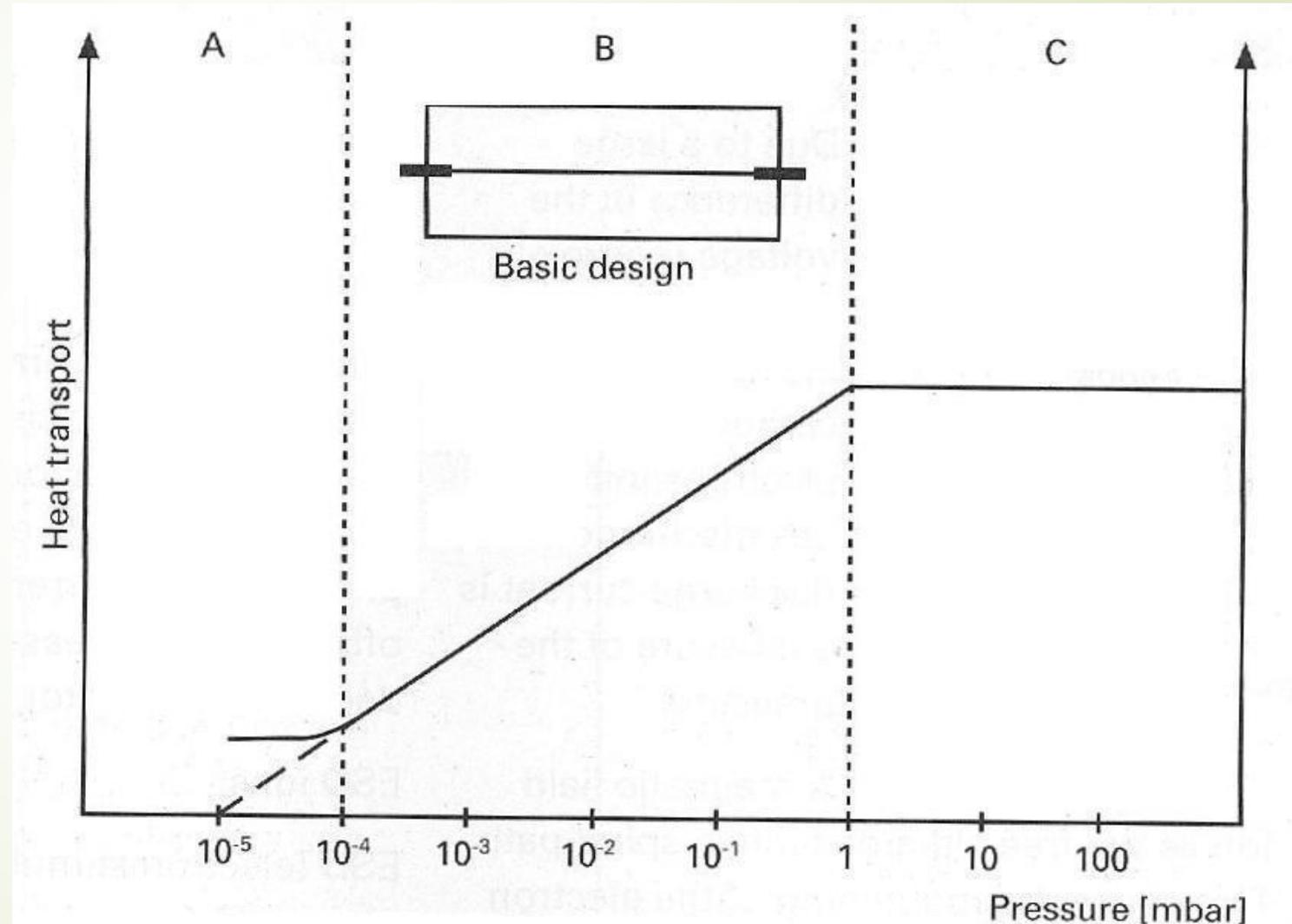
Wallace & Tiernan



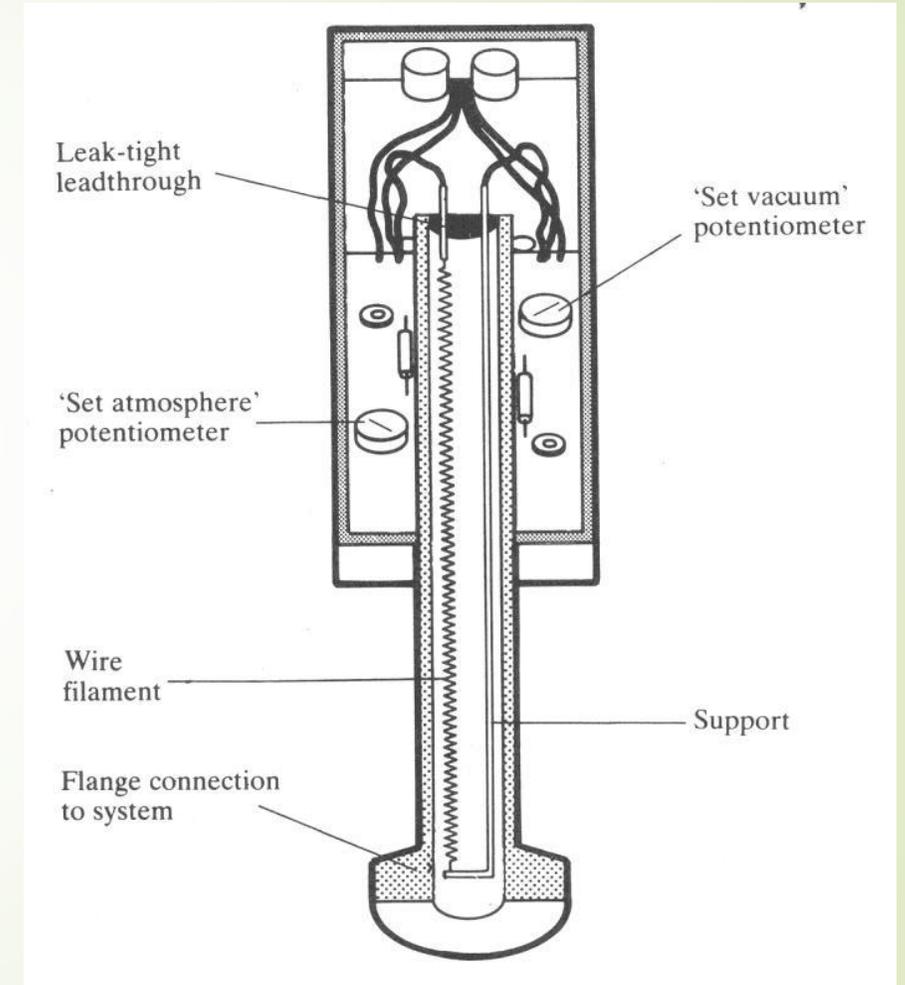
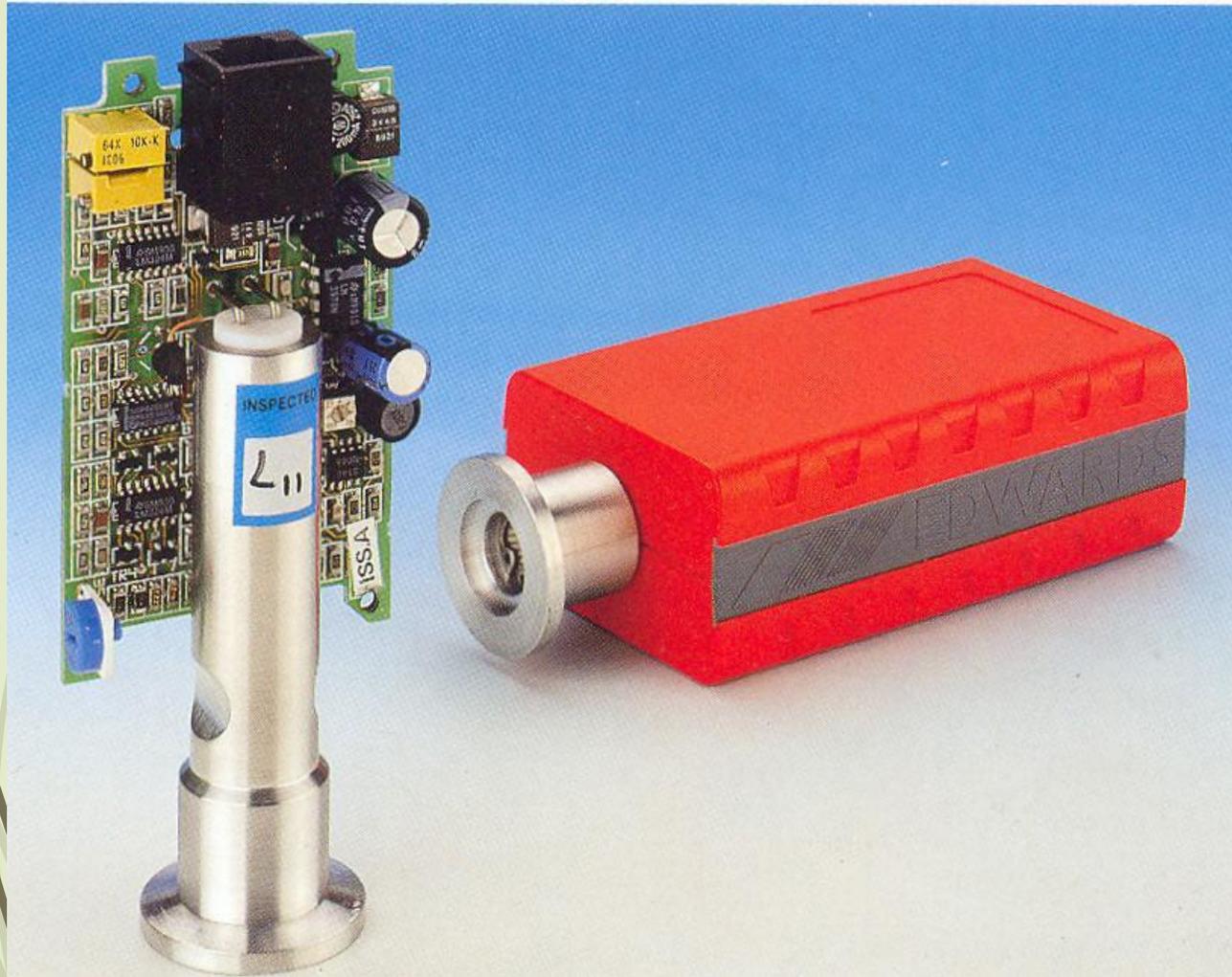
Medidores de Termo-condutividade

- Condução
- Convecção
- Radiação

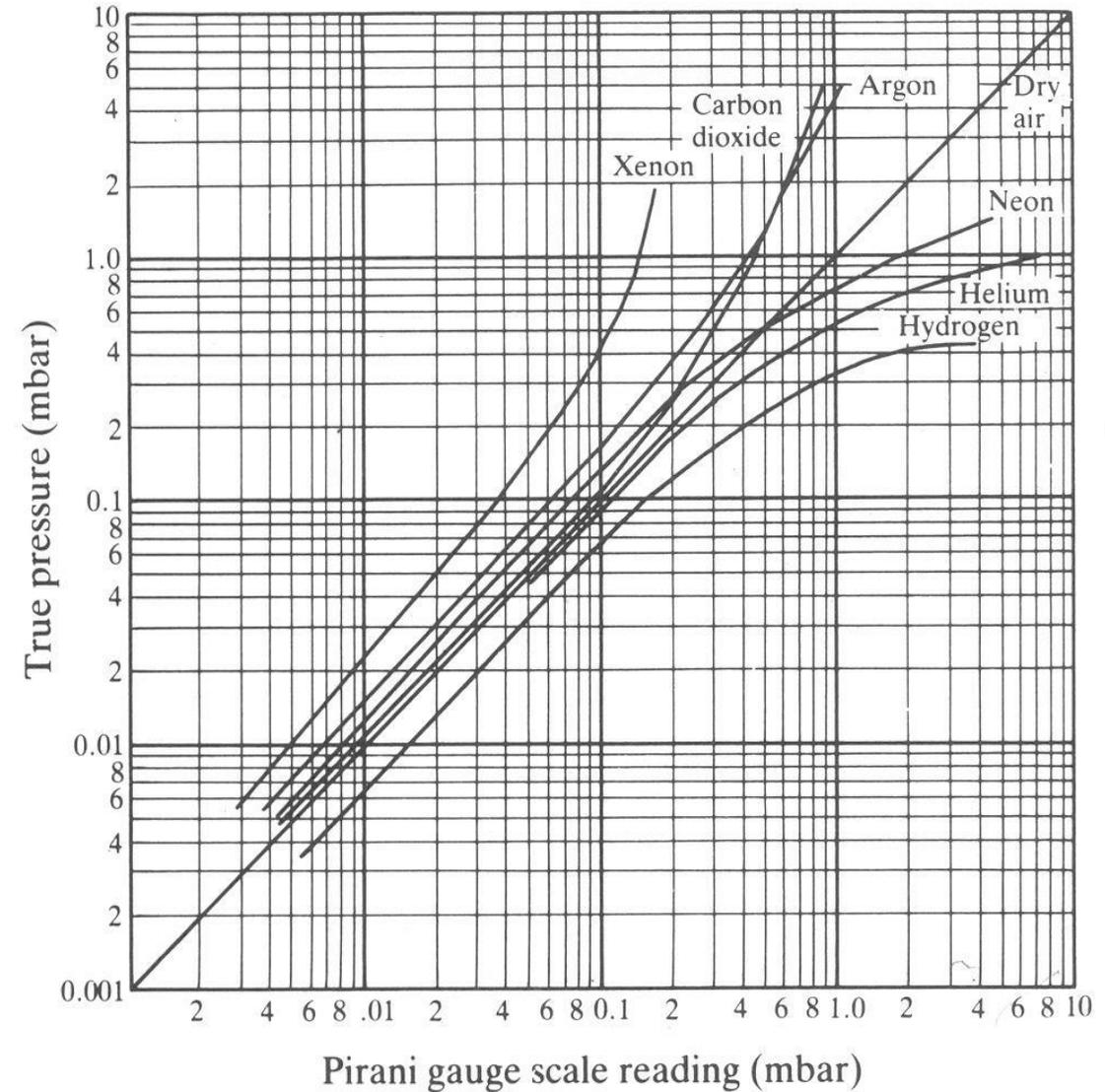
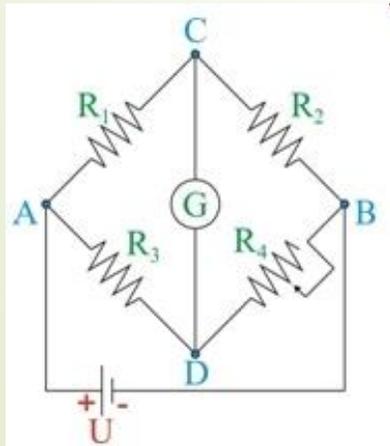
- Pressão
- Temperatura
- Resistência



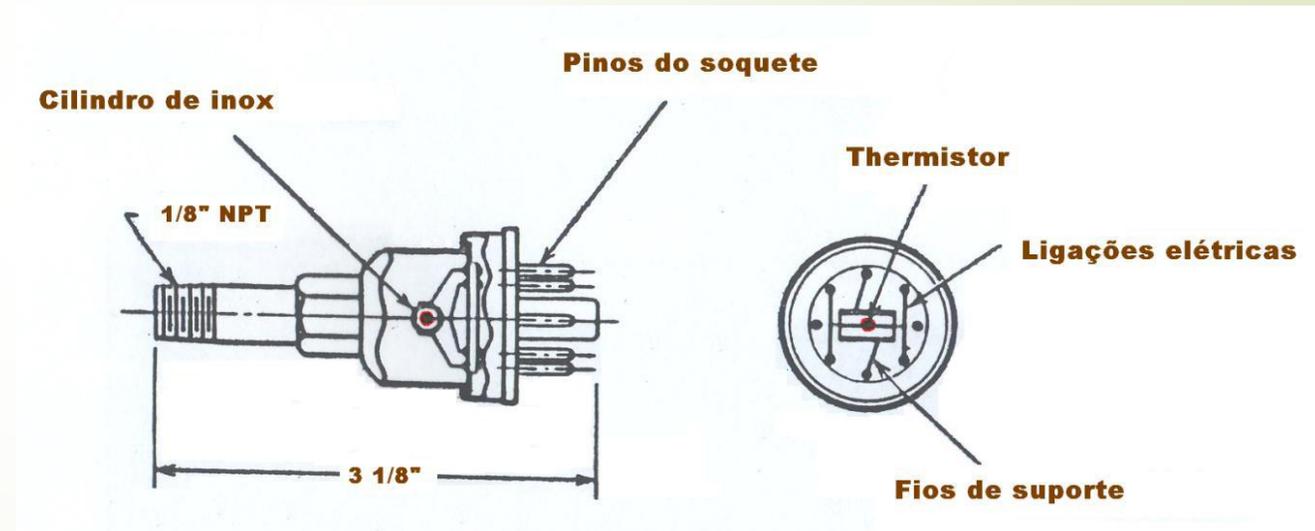
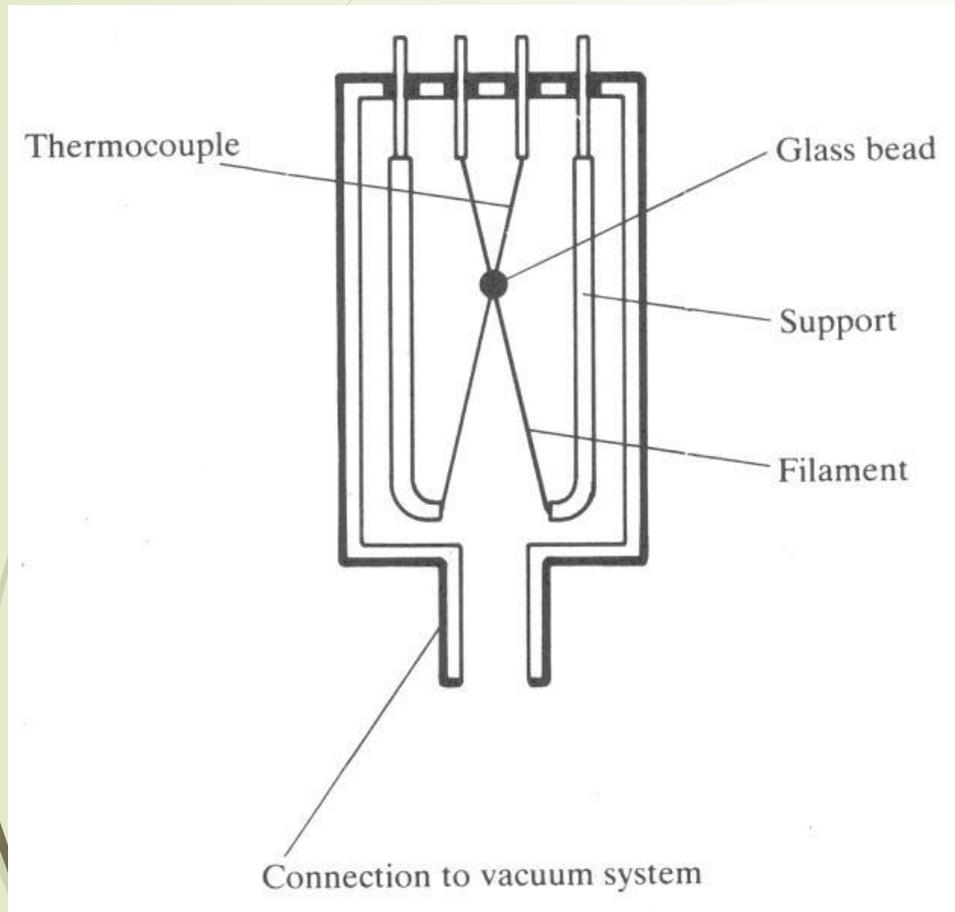
Medidor Pirani



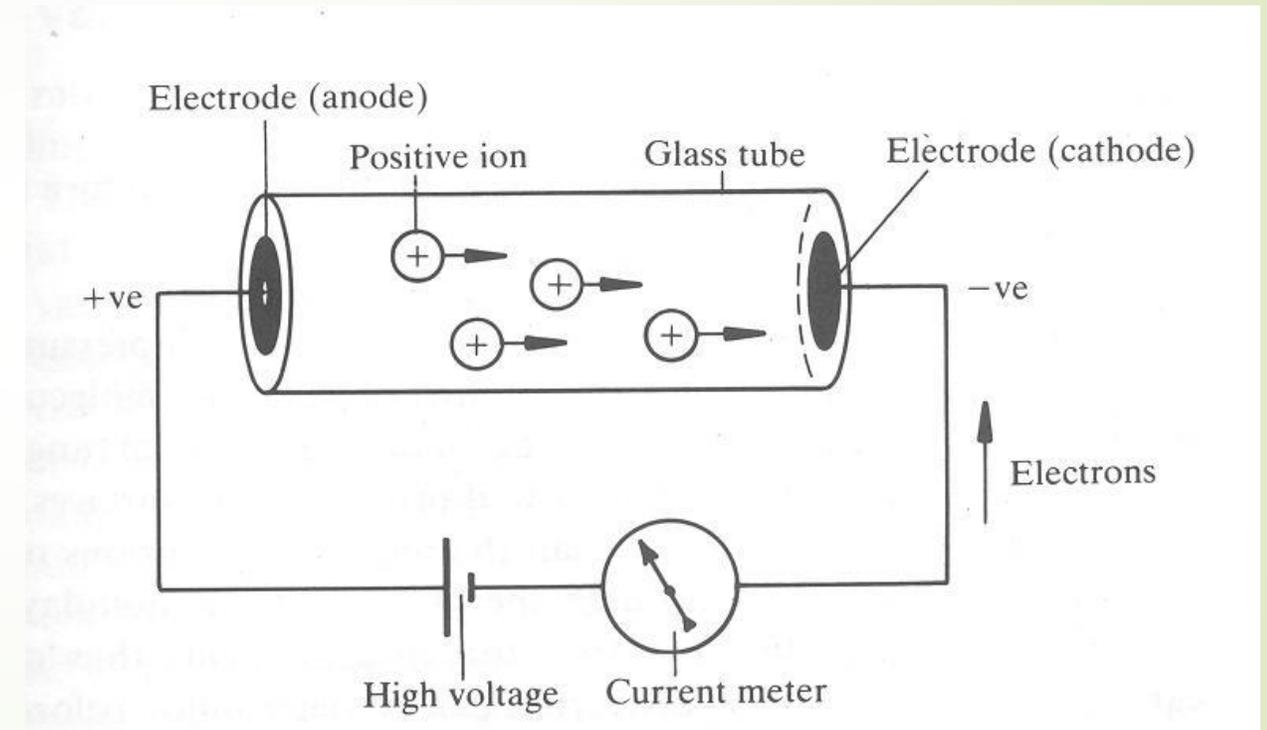
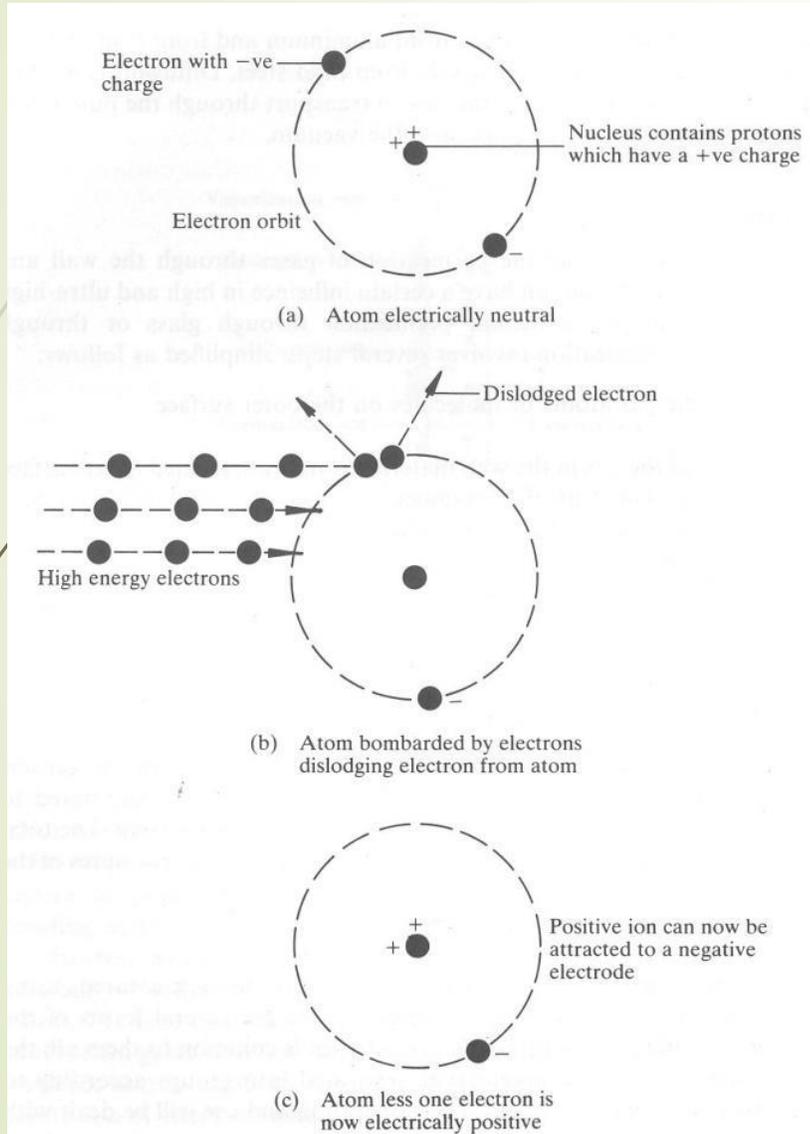
Medidor Pirani



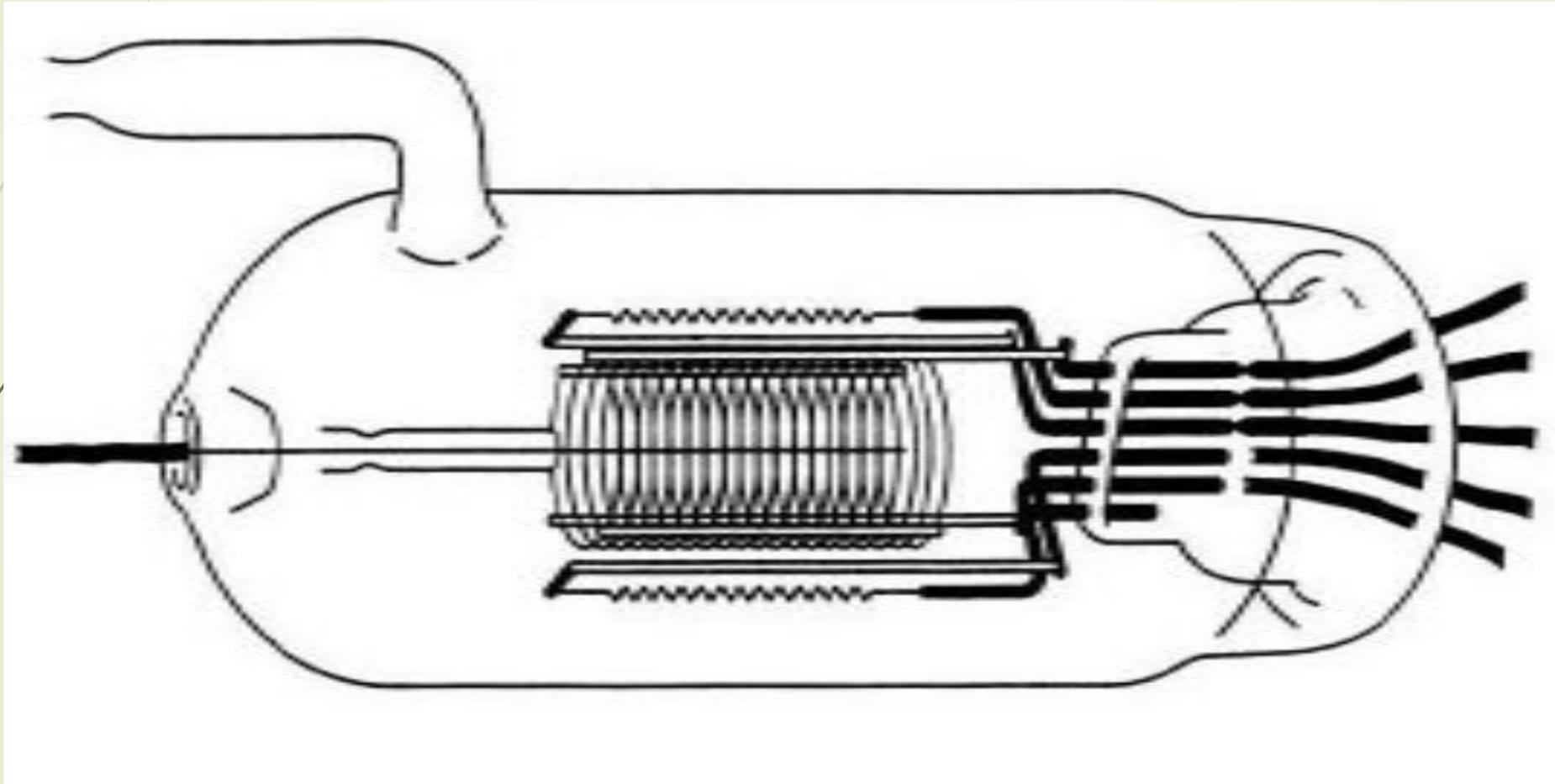
Termopar e Thermistor



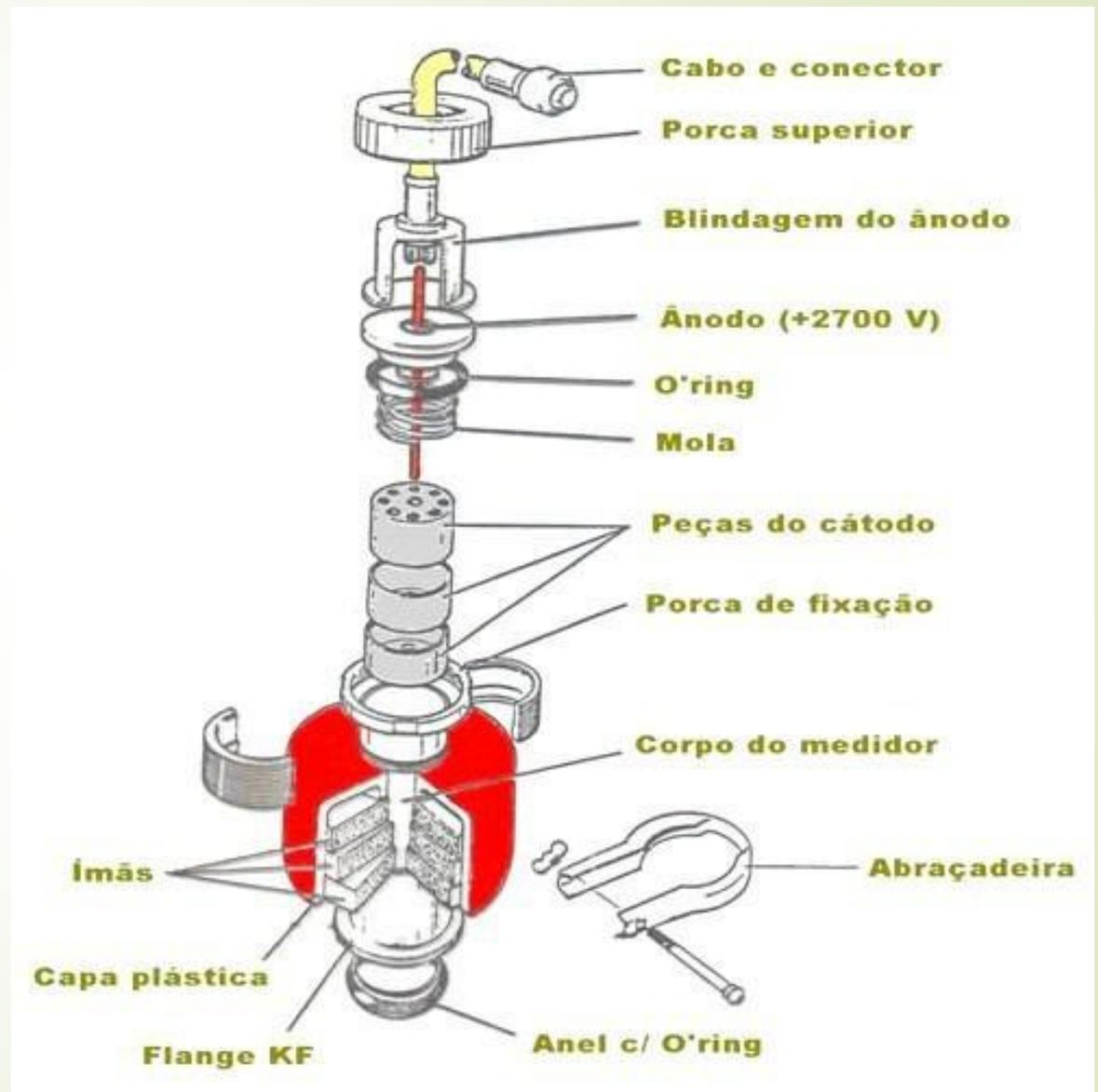
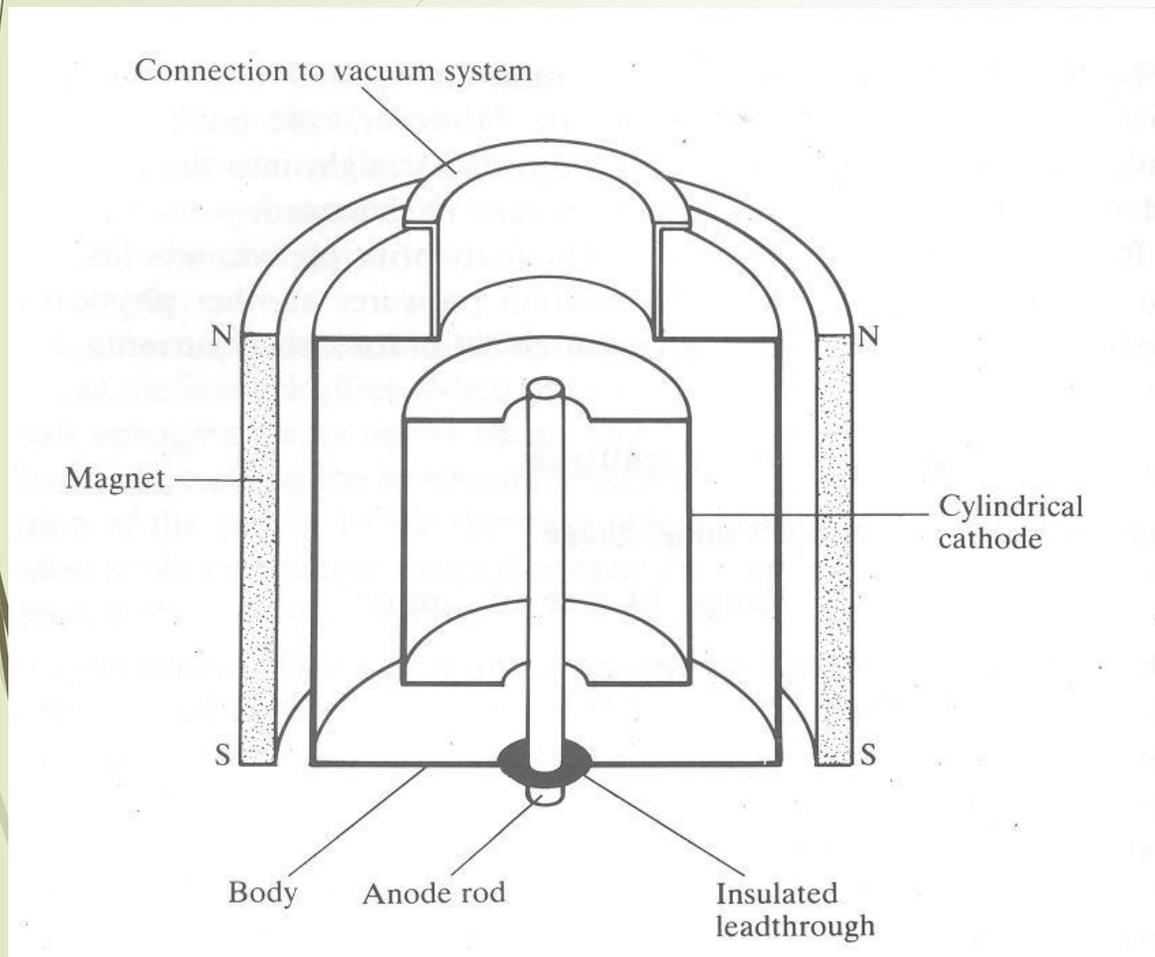
Medidores de Ionização



Catodo Quente: Bayard-Alpert



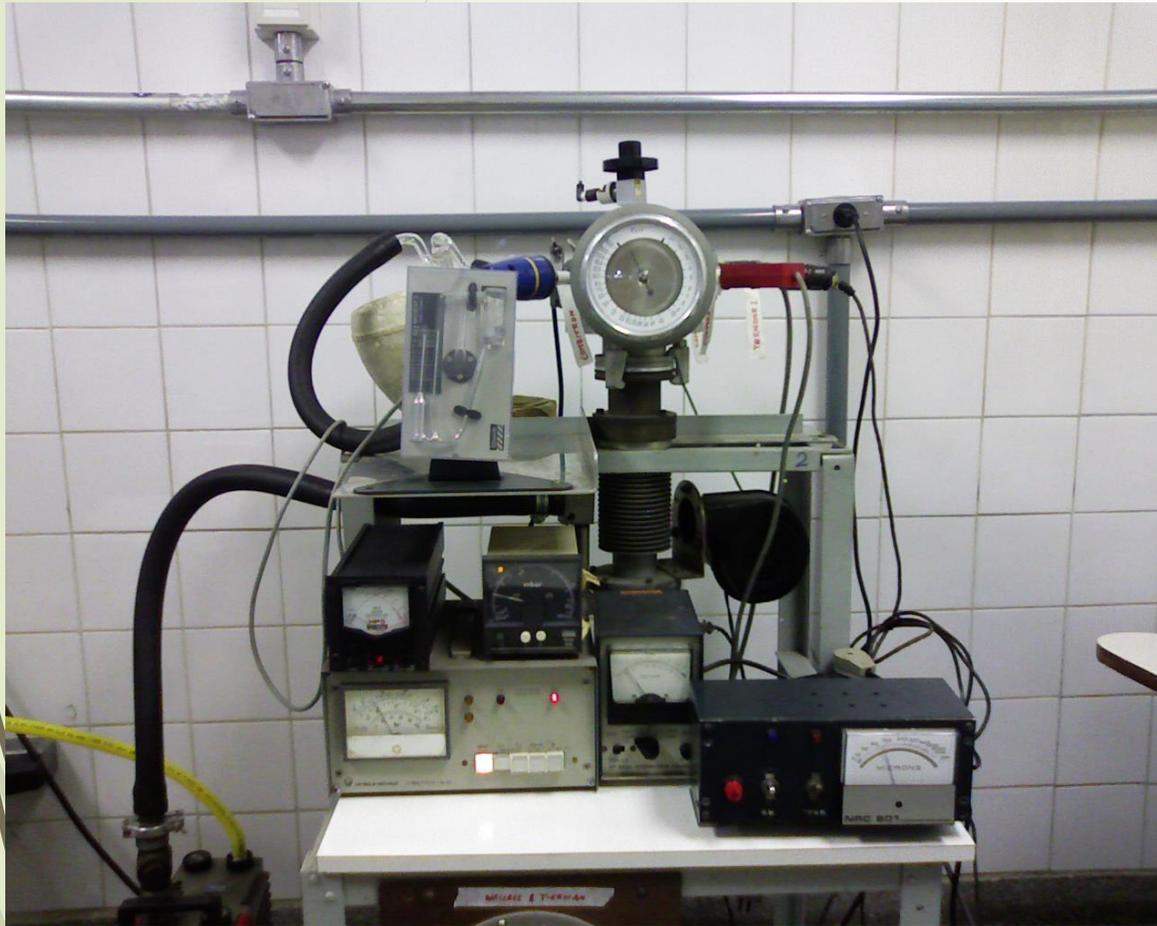
Catodo Frio: Penning



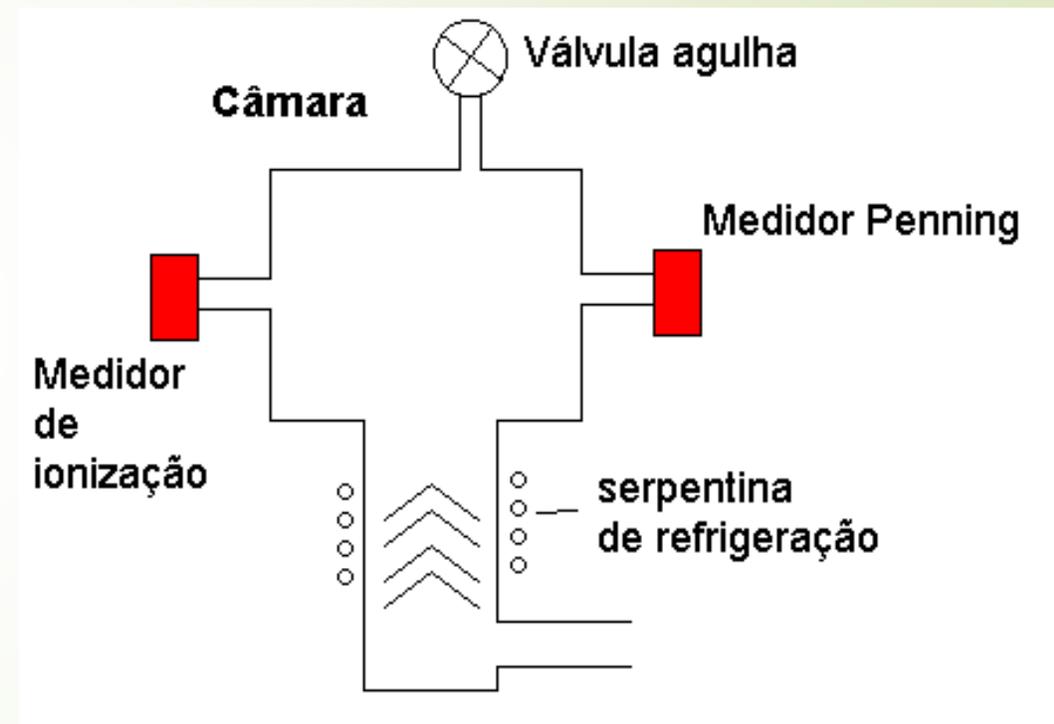
Ciclo 1 – Experimento 1



Ciclo 1 – Experimento 2



Ciclo 1 – Experimento 3



Estudos a serem realizados no laboratório

Verificar as características de todos os medidores

Calibração com o medidor absoluto

Estudo das escalas e unidades

Utilização das válvulas

Armadilhas de nitrogênio líquido

Vedações (o-ring) e componentes

Estudo da resposta dos medidores com gases diferentes: Ar, He, CO₂

Procedimentos experimentais

Bancada 1 (McLeod); Bancada 2 (Vacustat); Bancada 3 (Bayard-Alpert)

Identificar todos os componentes do sistema de vácuo

Fechar todas as válvulas e ligar a bomba mecânica

Verificar se todos os medidores estão ligados e funcionando

Verificar possíveis vazamentos

Verificar as escalas e unidades de todos medidores

Verificar o funcionamento de todos os medidores

Iniciar a tomada de dados

Produzir um vazamento através da válvula agulha

Anotar as pressões em todos os medidores

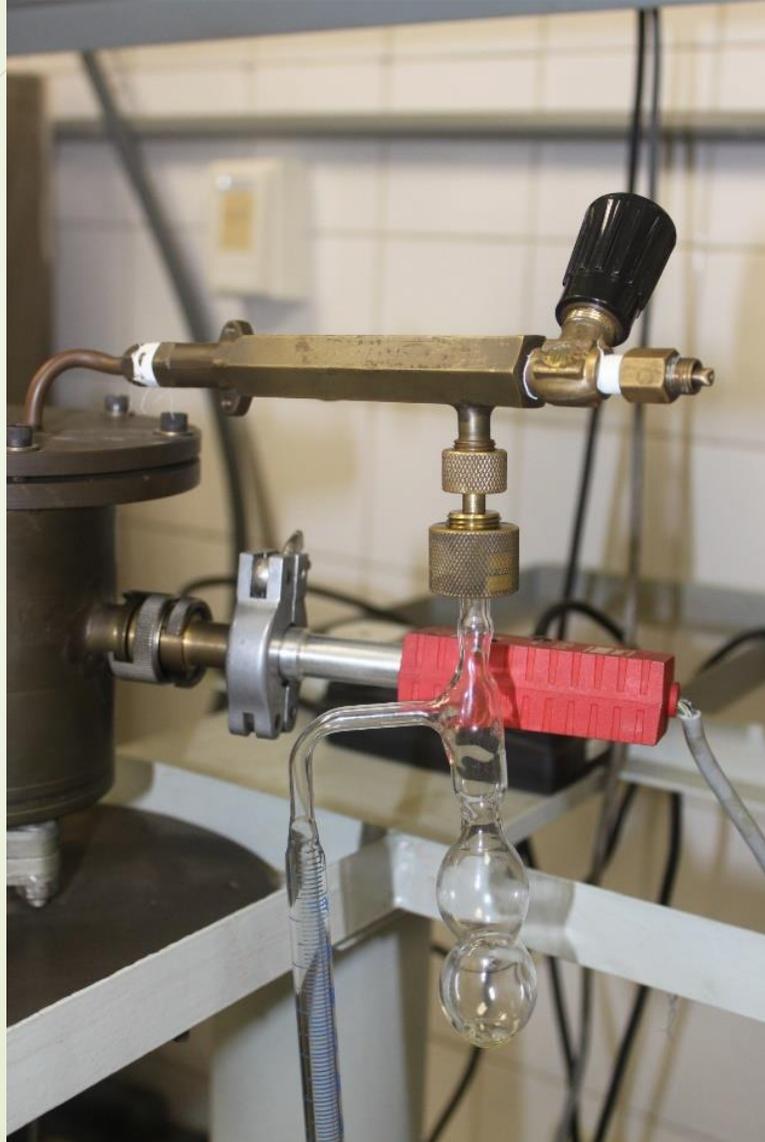
Gases disponíveis: Argônio, Hélio, CO₂

Para caracterizar bem todos os medidores é necessário varrer todas as escalas com um número de medidas suficiente para descrever bem seus comportamentos em vários regimes.

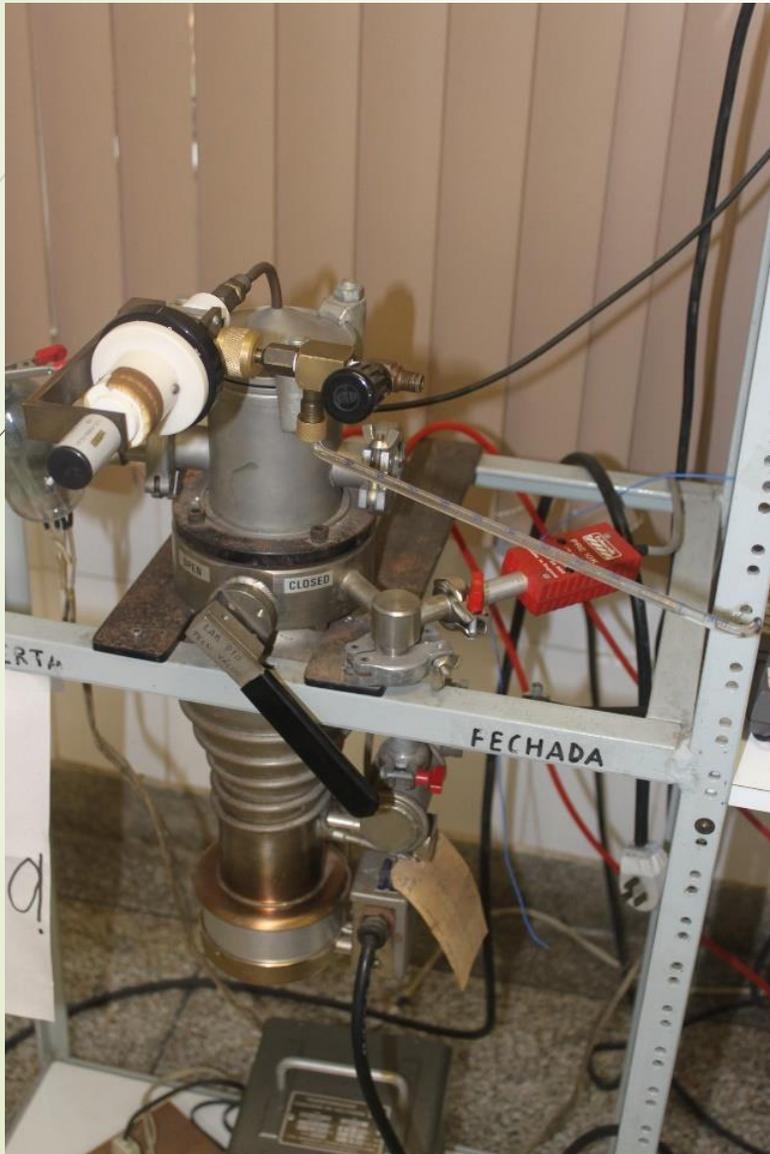
Tabela de conversão

	bar (dina/cm²)	mbar	Pa (N/m²)	atm	torr
bar	1	10³	10⁵	0,986923	750,062
mbar	10⁻³	1	10²	0,9869×10⁻³	0,750062
Pa	10⁻⁵	10⁻²	1		0,75×10⁻²
atm	1,0132	1,0132×10³	1,0132×10⁵	1	760
torr	1,3332×10⁻³	1,33322	1,33322×10²	1,3158×10⁻³	1

Ciclo 2 – Experimento 4



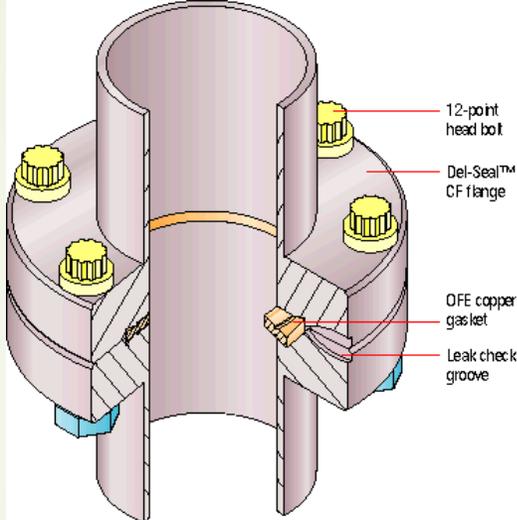
Ciclo 2 – Experimento 5



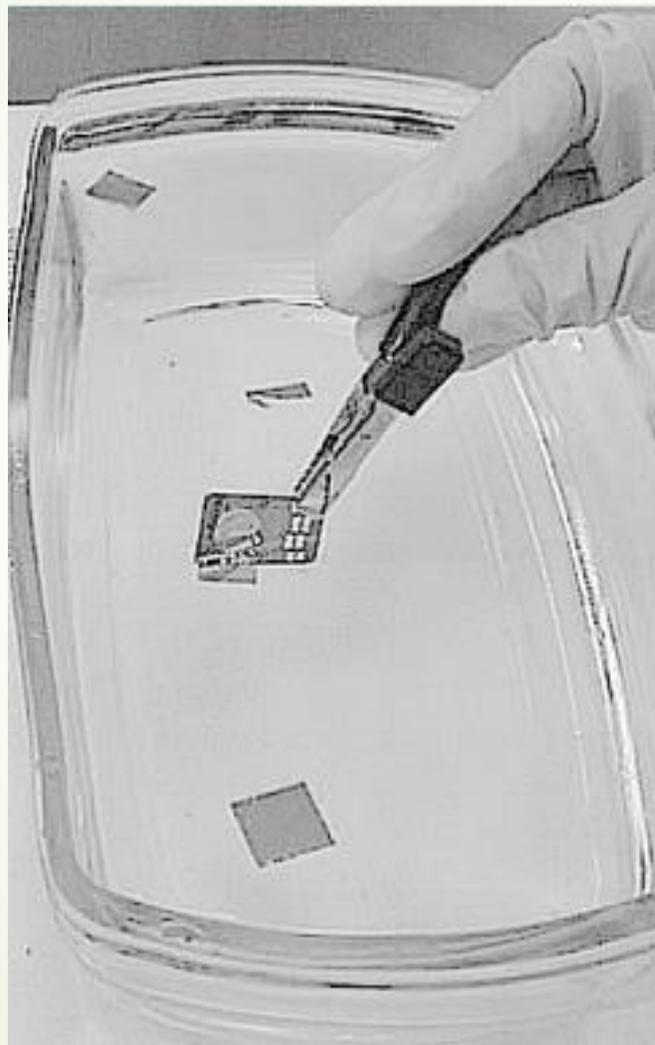
Ciclo 2 – Experimento 6



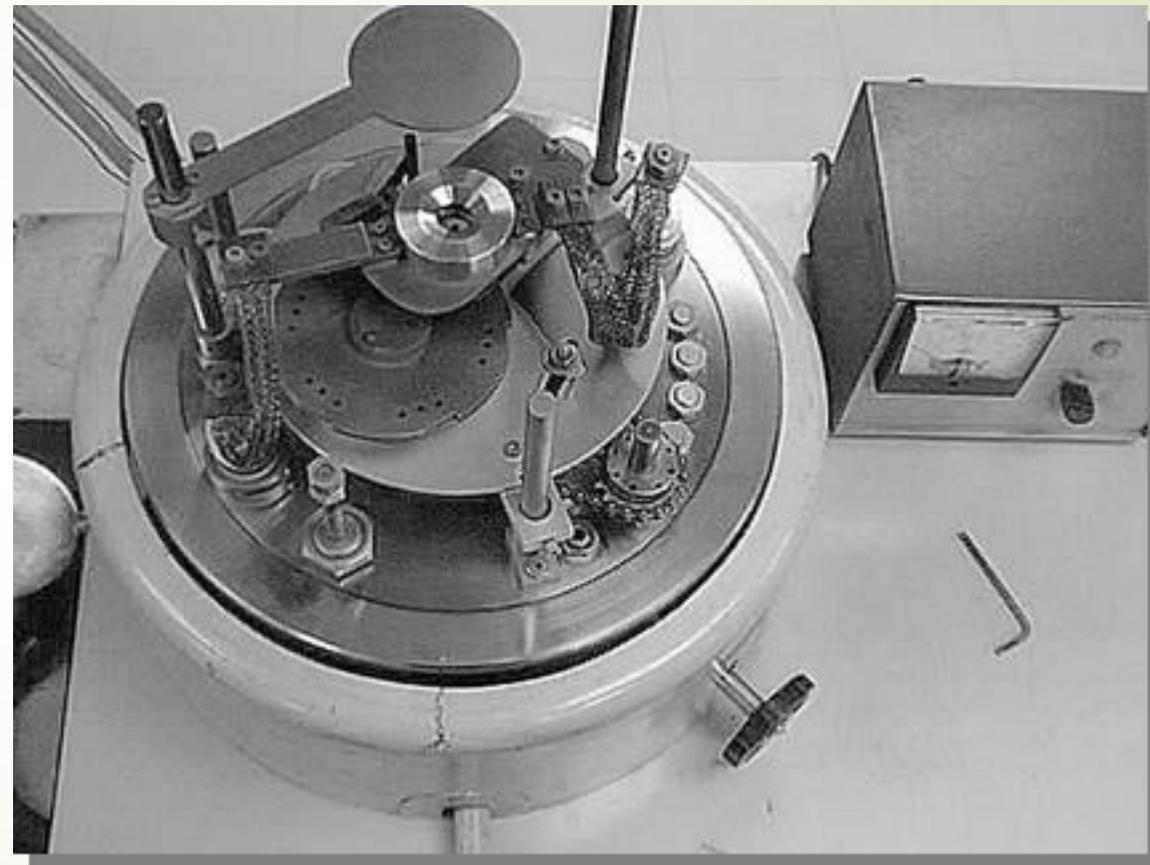
Leak Detector, Vazamentos e Componentes



Laboratório de Filmes Finos do Pelletron



Técnica de Deposição em Vácuo





Cronograma do Laboratório

DATA	ATIVIDADE
09/03/18	Aula Introdutória
12/03/18	1º Ciclo de Experimentos – aula 1/3
19/03/18	1º Ciclo de Experimentos – aula 2/3
02/04/18	1º Ciclo de Experimentos – aula 3/3
10/04/18	ENTREGA DO RELATÓRIO 1
16/04/18	2º Ciclo de Experimentos – aula 1/3
23/04/18	2º Ciclo de Experimentos – aula 2/3
07/05/18	2º Ciclo de Experimentos – aula 3/3
15/05/18	ENTREGA DO RELATÓRIO 2
21/05/18	Aula de Componentes, Materiais e Vazamentos – Pelletron
28/05/18	Laboratório de Filmes Finos do Acelerador Pelletron
05/06/18	ENTREGA DO RELATÓRIO 3

Datas importantes

Data de Entrega dos Relatórios até às 12h00min

Relatório 1 - 10/04

Relatório 2 - 15/05

Relatório 3 - 05/06

Local: Escaninho do Laboratório de Estrutura da Matéria (Alvimar)

Informações Importantes

Folha de dados no final de cada aula.

Relatório I (peso 2,0)

Relatório II (peso 3,0)

Relatório III (peso 1,0)

É obrigatória a entrega dos 3 relatórios dentro dos prazos estabelecidos (até o meio-dia do dia de entrega)

- **Cálculo da média final: $M_f = (M_p + M_R) / 2$**

onde M_p é a média das provas e M_R a média dos relatórios.

- **Se $M_p < 3$ ou $M_R < 3$ o estudante estará reprovado**
- **Se $3 \leq M_p < 5$ ou $3 \leq M_R < 5 \rightarrow M_f$ será a menor nota e o estudante deverá fazer uma prova de recuperação (R). No caso do laboratório será feita uma entrevista. A nota final é então: $N_f = (M_f + 2R) / 3$**

Instruções Para um Bom Relatório

- ❖ AS MEDIDAS TÊM INCERTEZAS!!!!
- ❖ Procure tirar as dúvidas em sala;
- ❖ Se possível, analise os dados de um experimento antes do próximo, para poder discutir as dúvidas em sala;
- ❖ Organização é fundamental! Ajuda a fazer melhor e mais rápido;
- ❖ Pesquisa bibliográfica pode ajudar bastante na confecção do relatório;
- ❖ Cuidado com as unidades e as ordens de grandeza (potências de 10). Elas mudam de um medidor para outro, se você não estiver atento tomará dados errados, que diminuem a nota;
- ❖ Um relatório tem começo, meio e fim. Nessa ordem.

Instruções Para um Bom Relatório

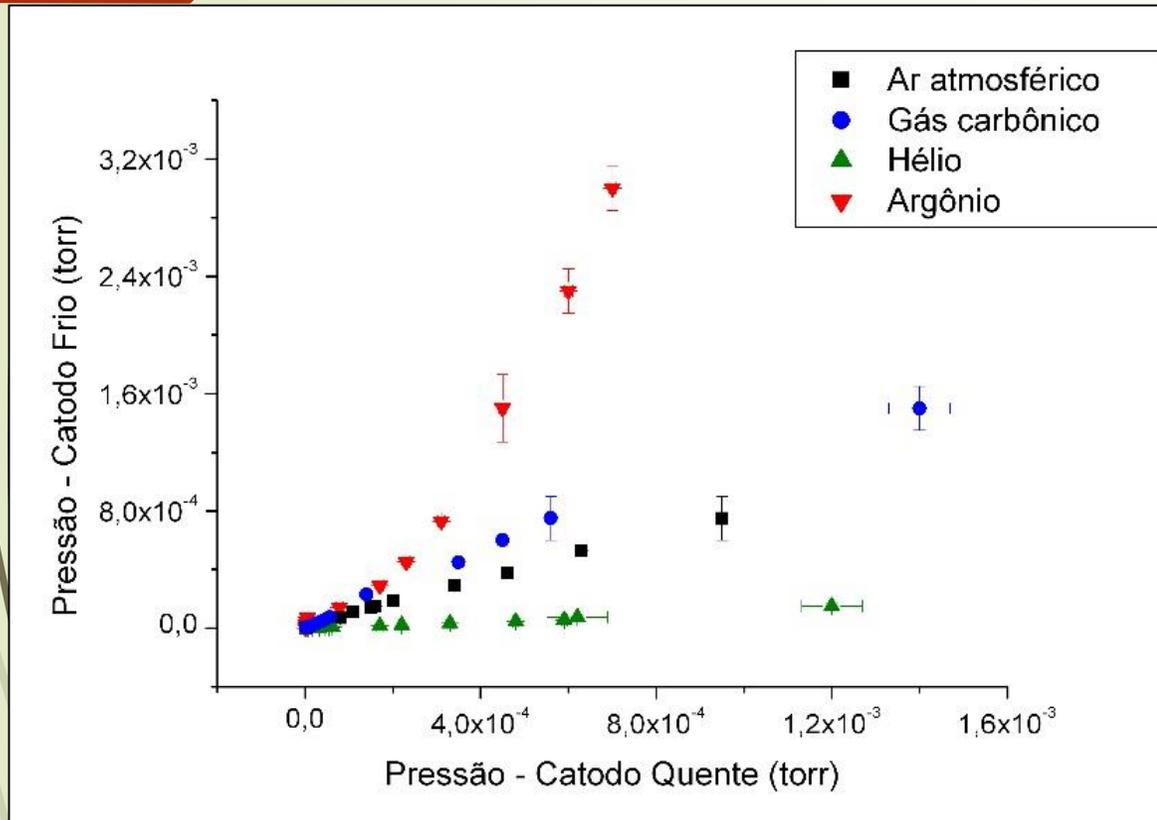


Gráfico bom

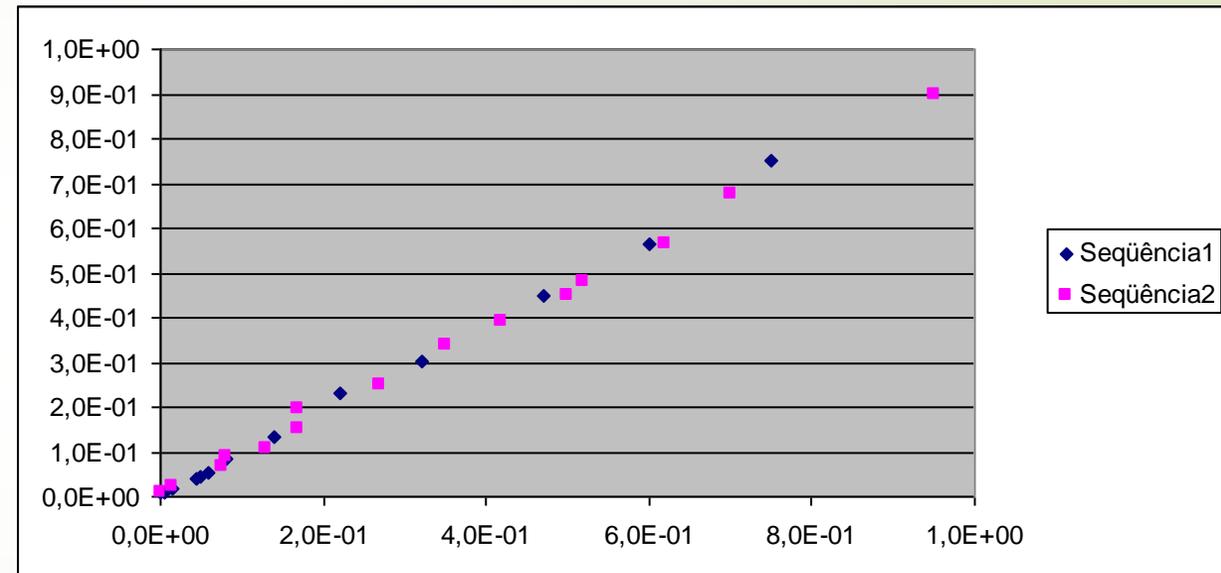
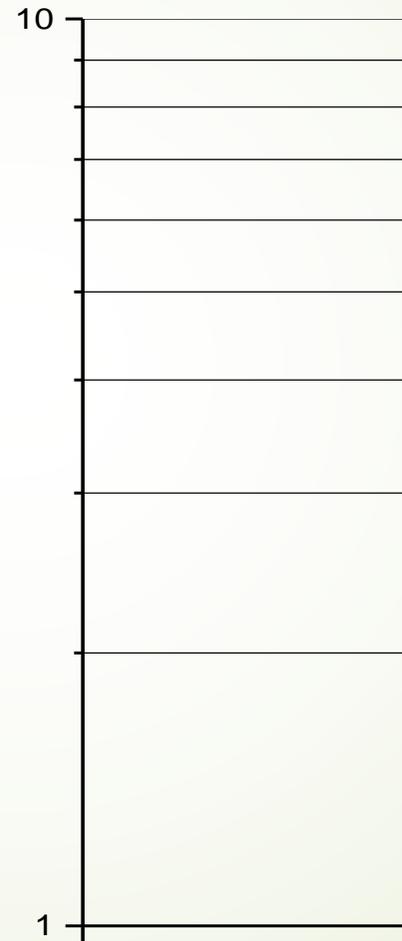
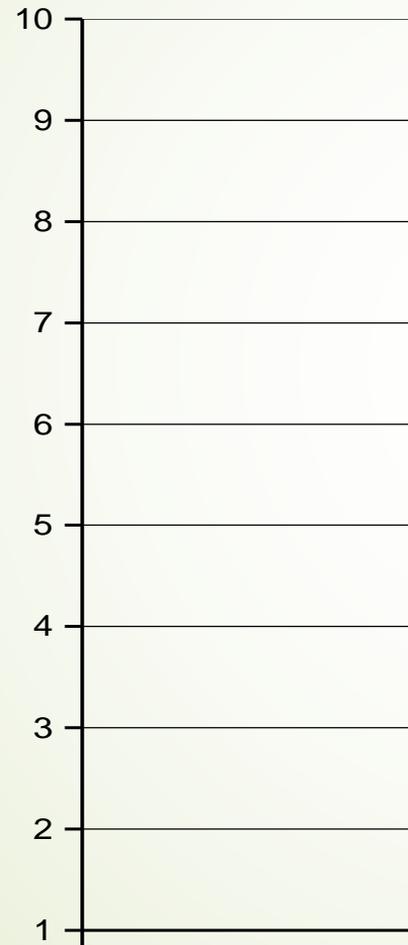


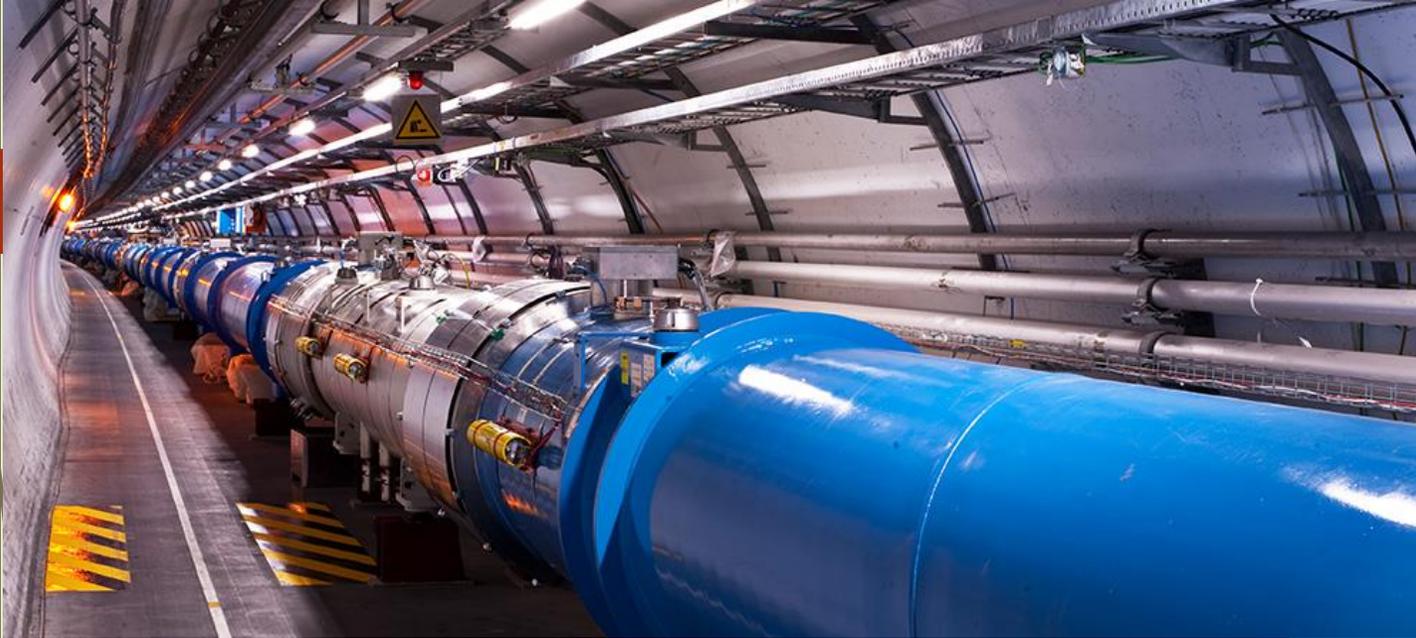
Gráfico (muito) ruim

Alguns gráficos podem ficar melhores em escala logarítmica

Escala Linear e Escala Log







www.testbourne.com

www.ulvac.com



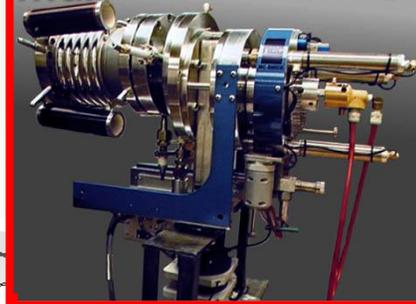
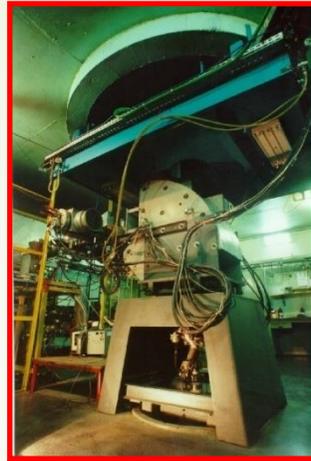
Pelletron Acelerador, tandem, $V_{max} = 8\text{ MV}$ (carbon foil stripper)



LAFN

**Mass
selection
ME20**

**Energy
Selection
ME200**



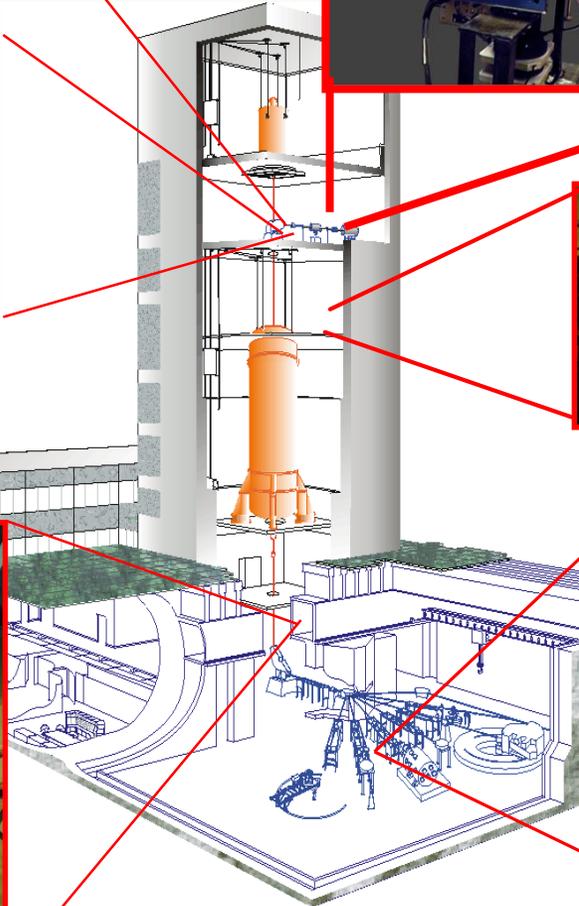
**SNICS Ion
source**
Beams: H, Li, B,
C, O, F, Si, Cl, Ti,
Cu, and Ag.



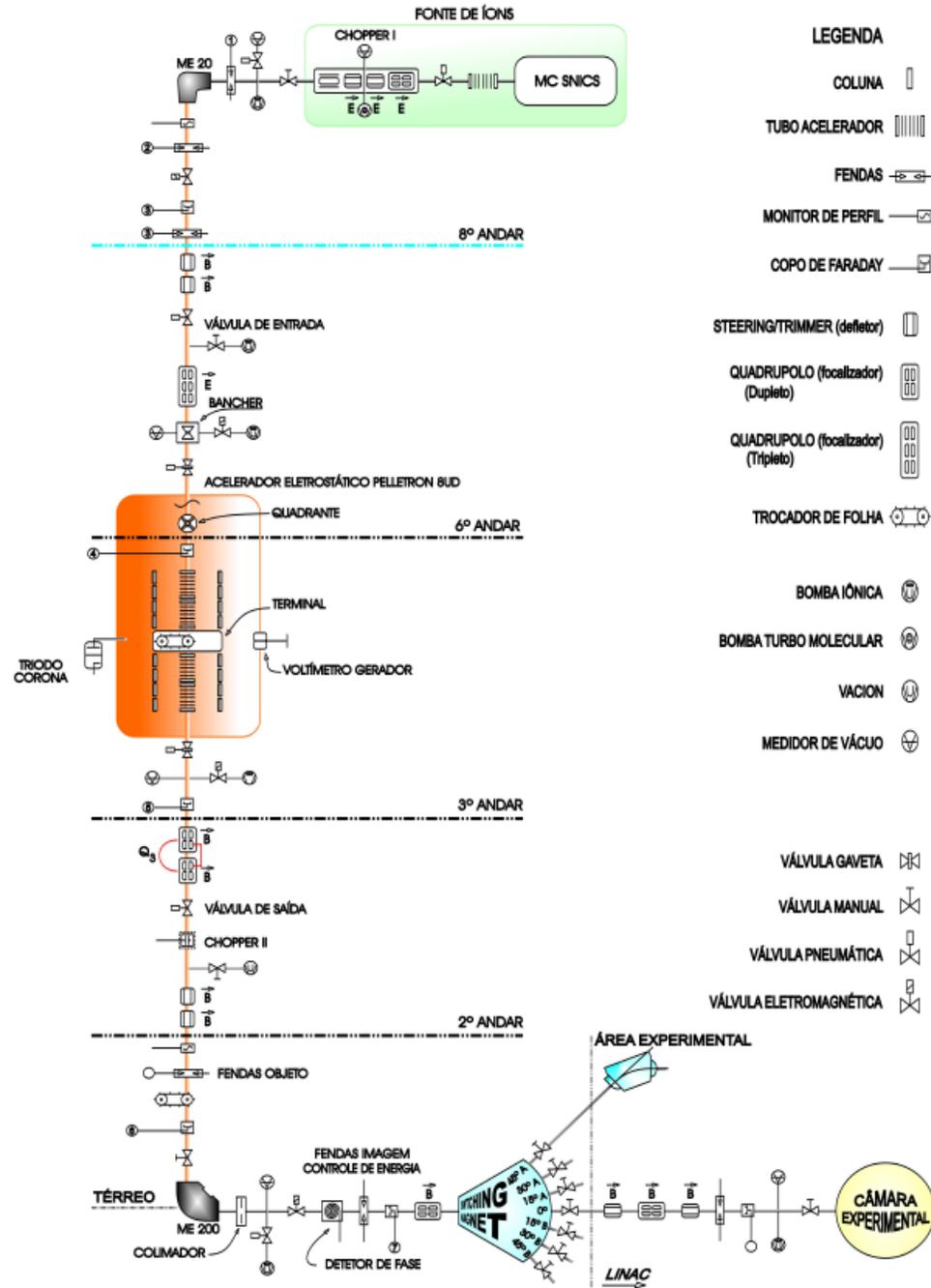
TANK



Dedicated beam line



SISTEMA DE MONTAGEM





Laboratório

SALA 111 - Ala 2



Boas Medidas

e

Boa Sorte

