



# Laboratório de Ciência e Tecnologia do Vácuo

**1º SEMESTRE DE 2018**

**Nilberto H. Medina**

[medina@if.usp.br](mailto:medina@if.usp.br)

**Saulo Gabriel Alberton**

[alberton@if.usp.br](mailto: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/cm<sup>3</sup> ).

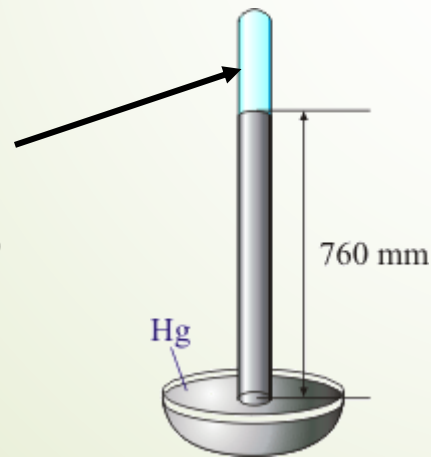
# Resumo Histórico

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

Aristóteles (384 – 322 a.C.)

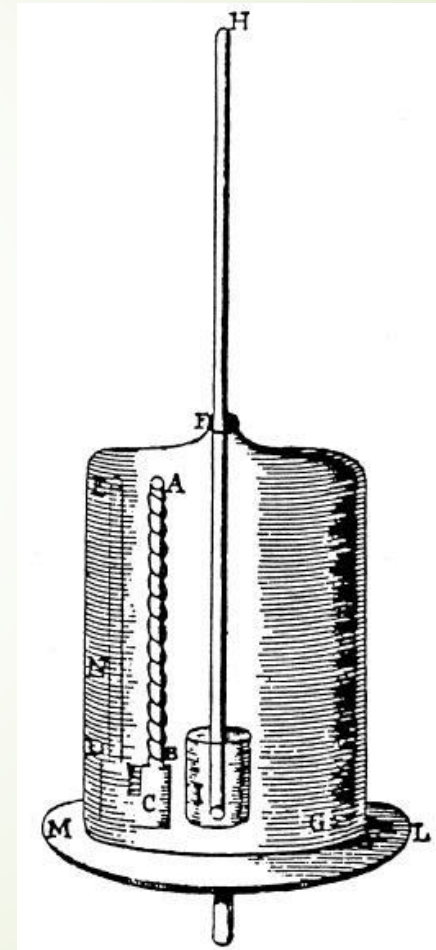
- Século XVII – Galileo Galilei, Torricelli e o barômetro de tubo fechado.

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.

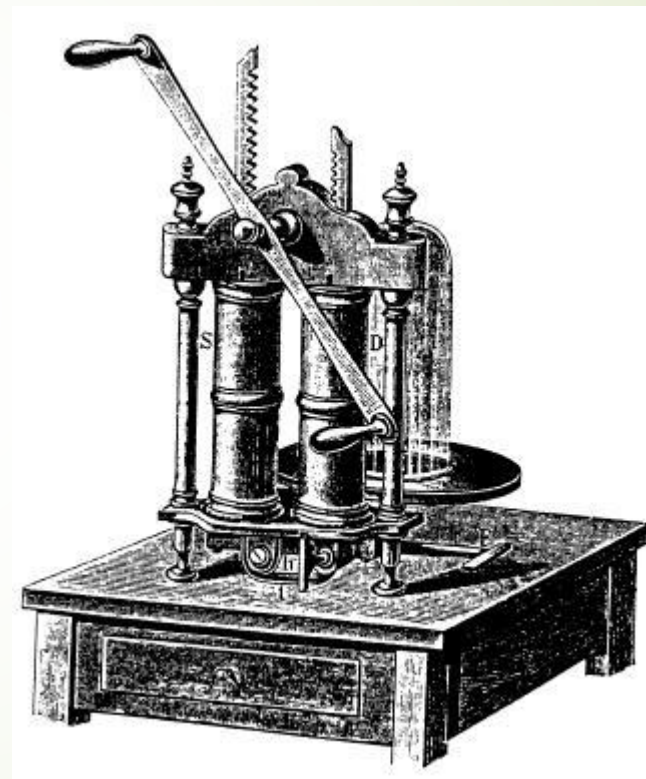




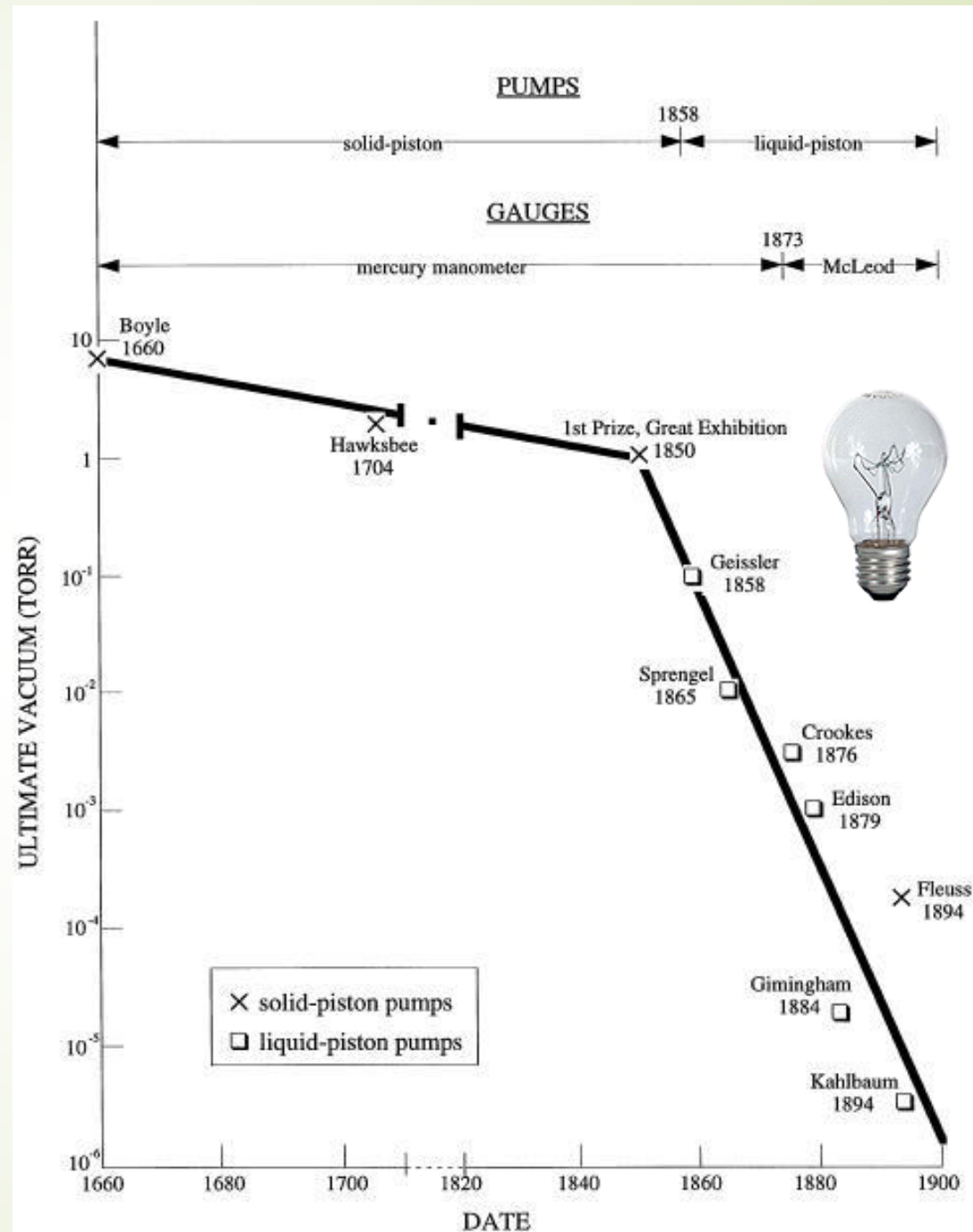
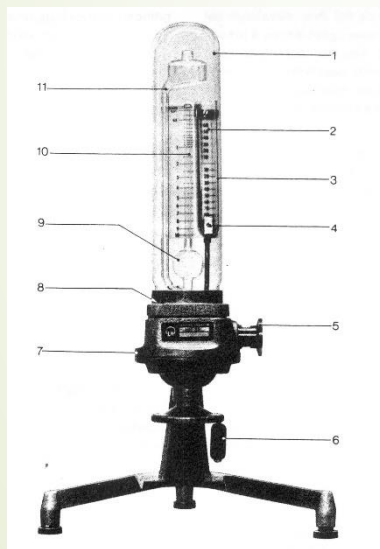
Joseph Wright's painting (1768) of a popular after-dinner demonstration of the effects of vacuum on a small animal. The effects of the lack of atmosphere on a cockatoo is being observed and air was then admitted just in time (in most cases) to save the creature's life.



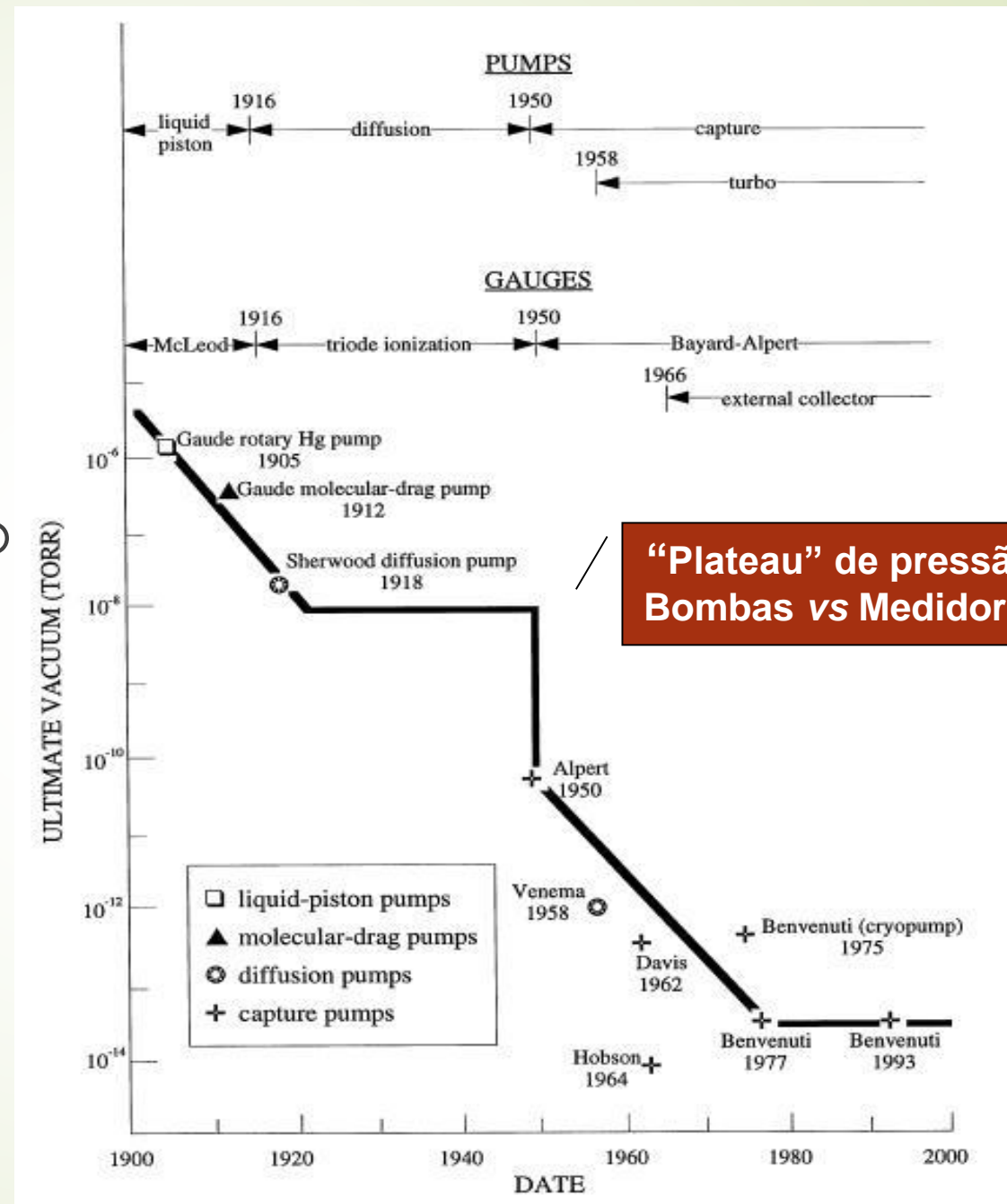
- Maiores esforços concentravam-se no desenvolvimento das bombas de vácuo
- 1850 – Bombas de pistão duplo começam a ser comercializados.
- Emprego da tecnologia de vácuo na indústria



► Panorama da evolução da tecnologia de vácuo até 1900

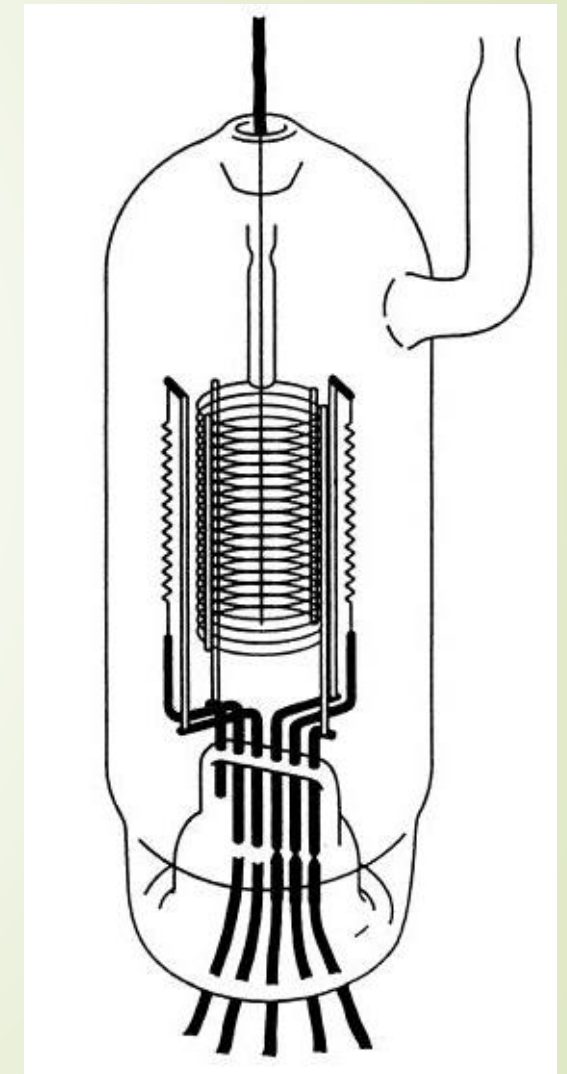
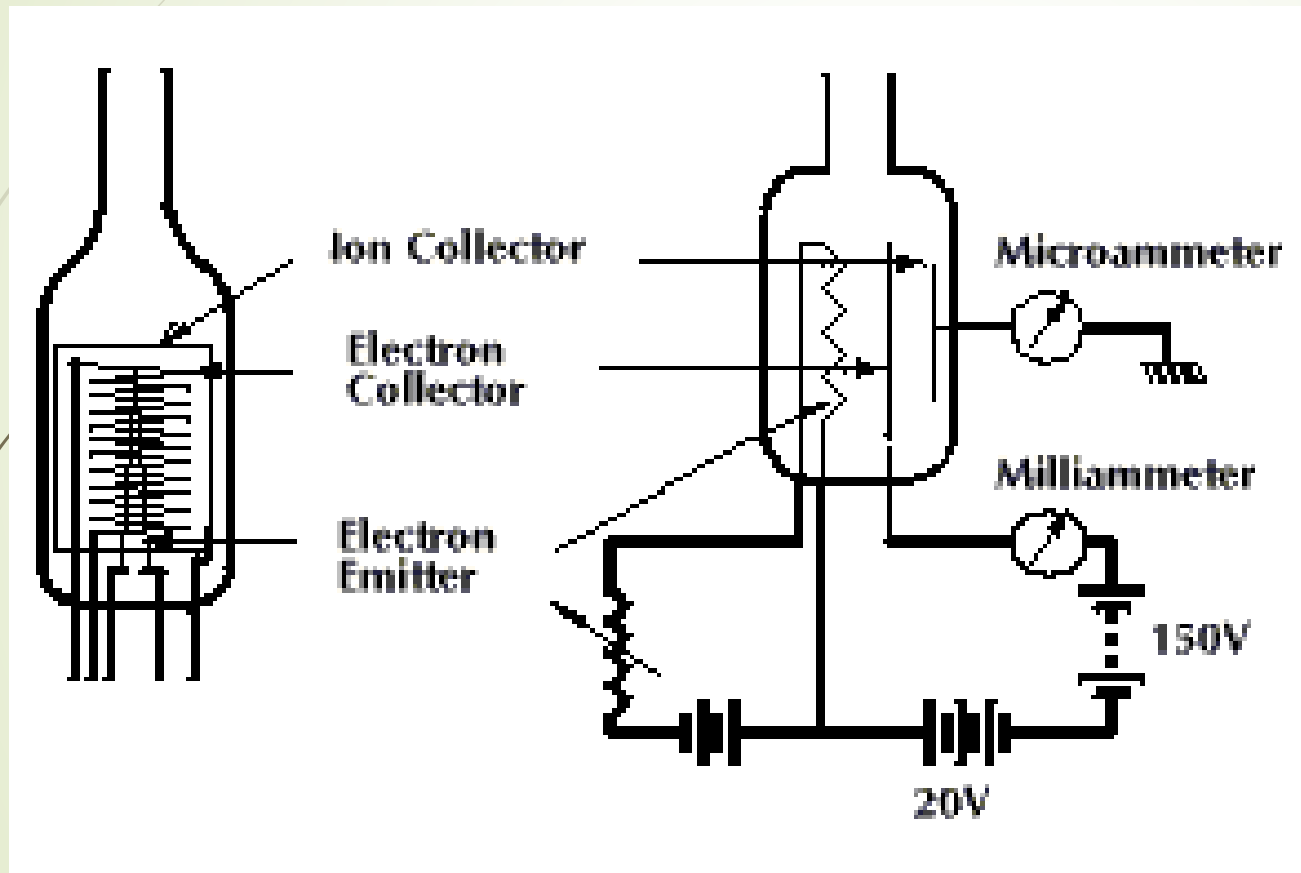


- Evolução da tecnologia de vácuo 1900-2000
- Desenvolvimento constante
- Era dos grandes aceleradores





- 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

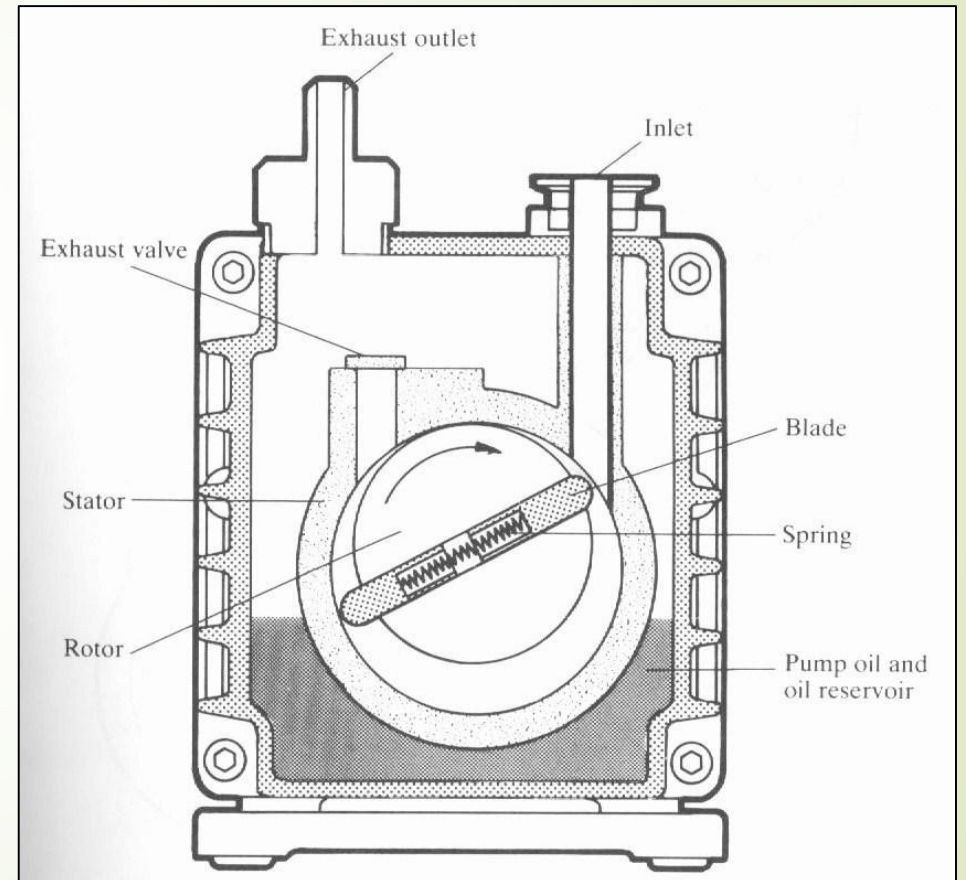
- **Segurança:** cuidado com as correias das bombas mecânicas, temperatura da bomba difusora, alta tensão no penning, temperatura do nitrogênio líquido, etc.
- **Cuidados com os equipamentos:** medidores sensíveis e/ou de vidro, evitar a entrada de óleo na câmara, atentar para o resfriamento da bomba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

## Bombas de vácuo

- Bomba mecânica de 2 estágios
- Bomba de difusão

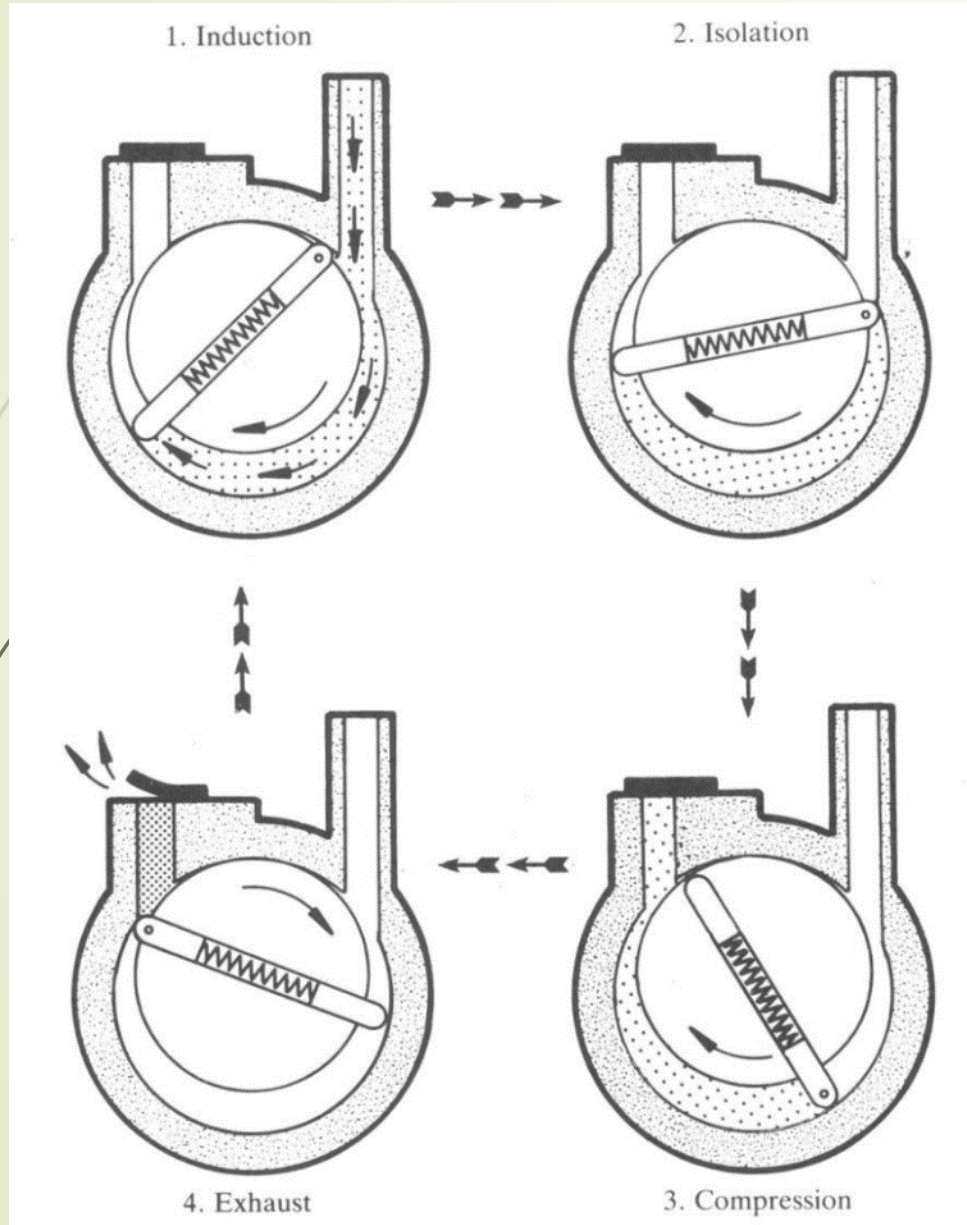


# Bomba Mecânica



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

# Bomba Mecânica

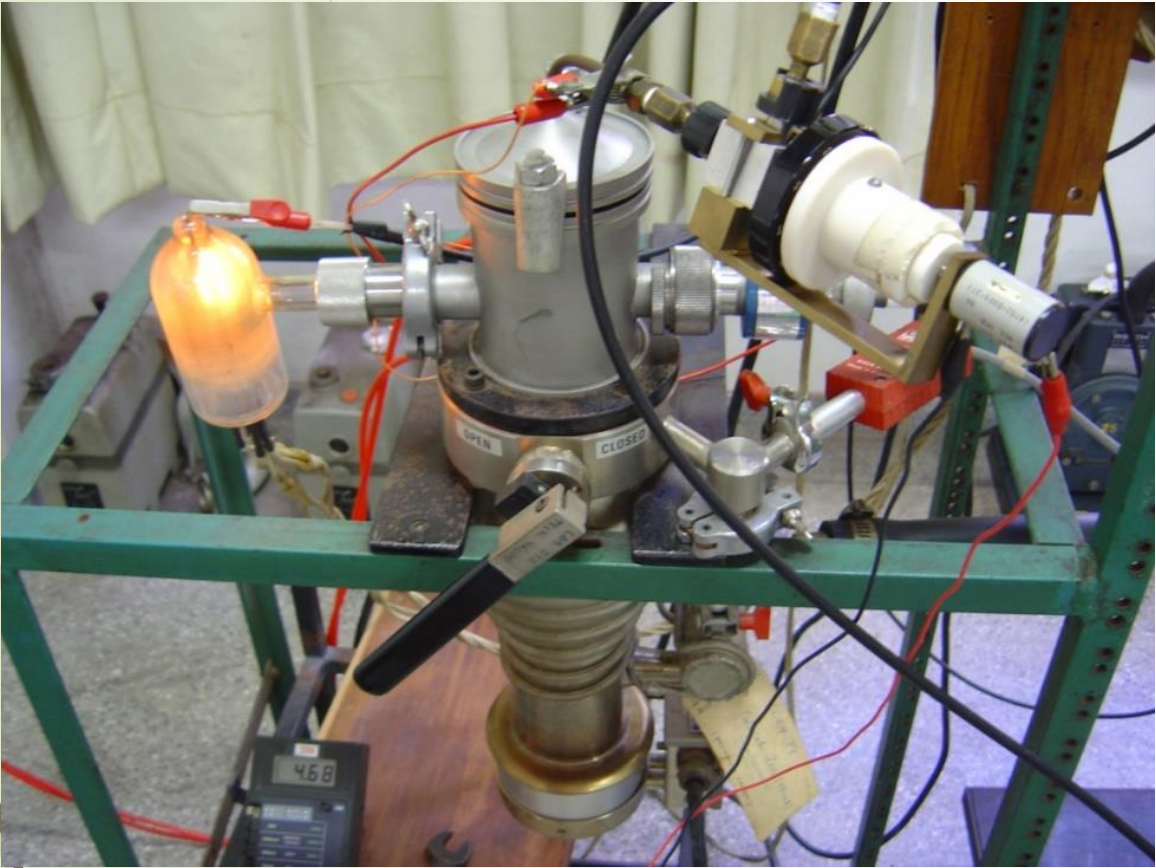


## Funções do óleo:

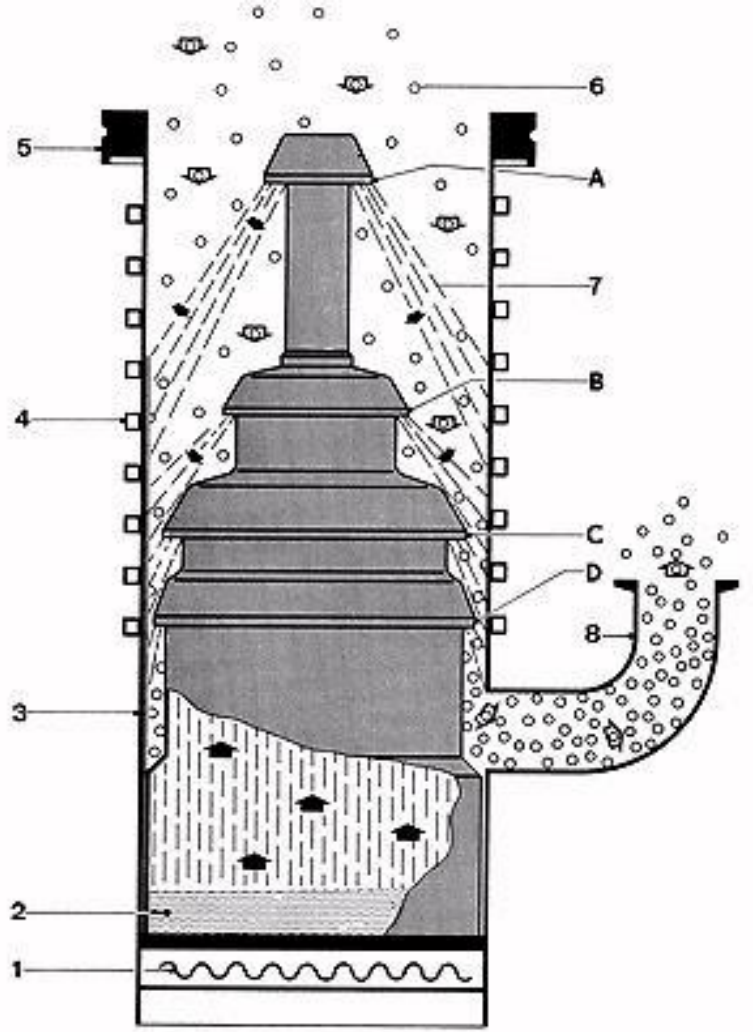
- Vedação
- Lubrificação e ação anti-corrosiva
- refrigeração



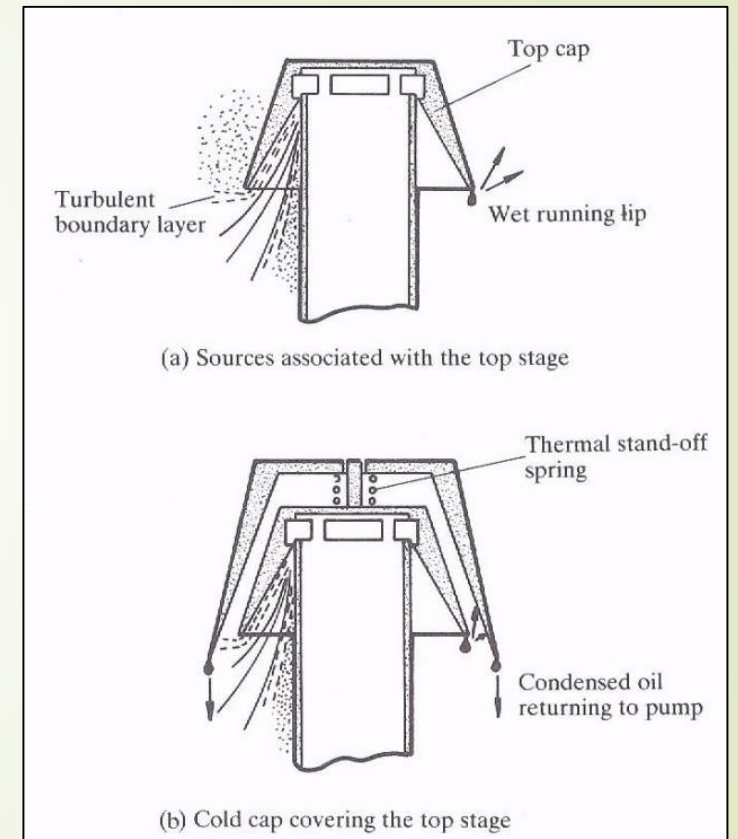
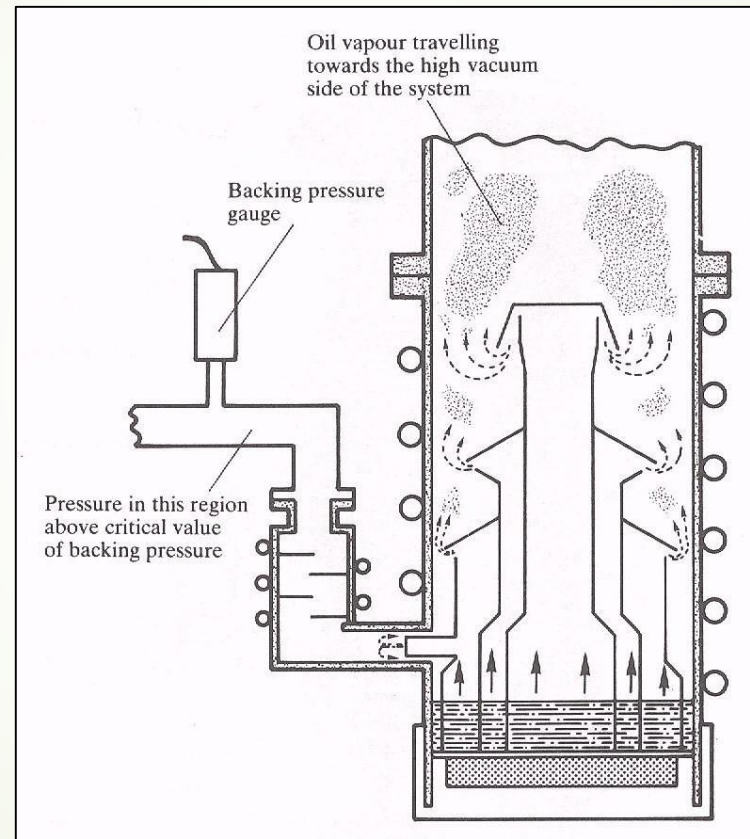
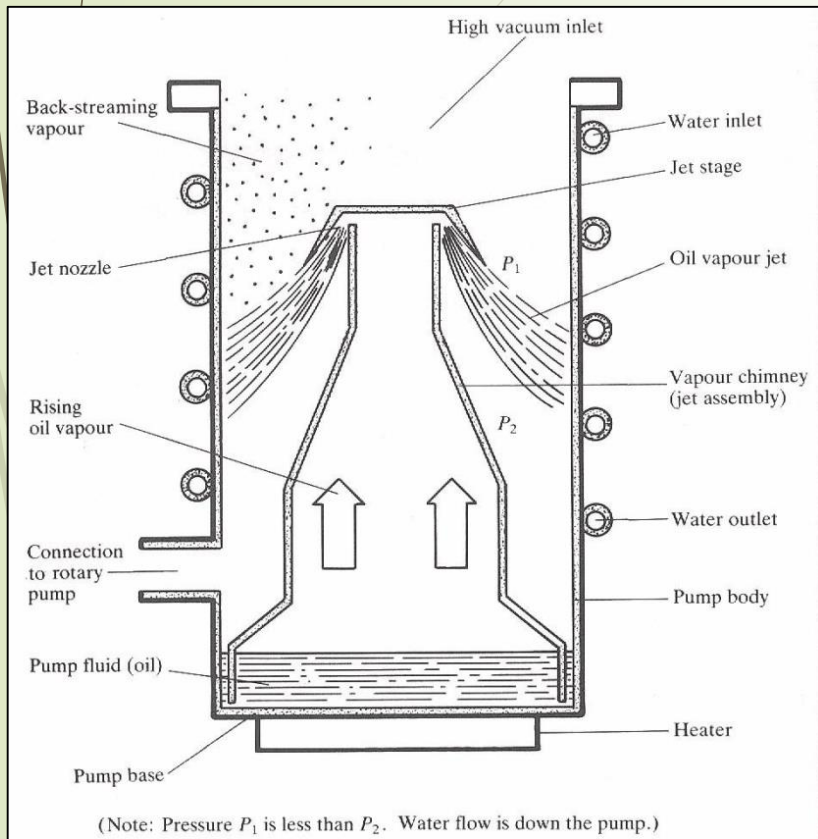
# Bomba Difusora



- 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

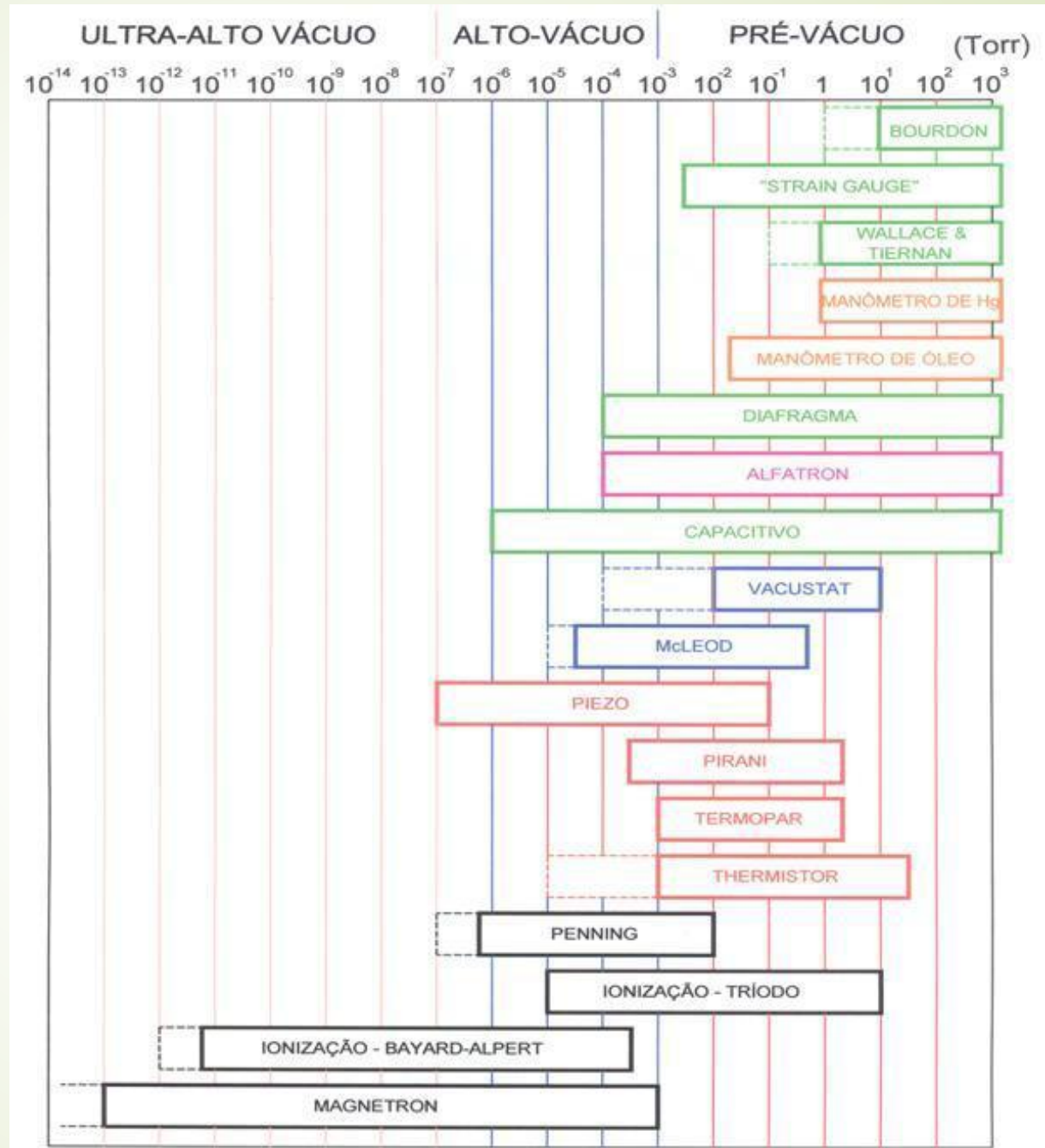
•Pirani

•Termopar

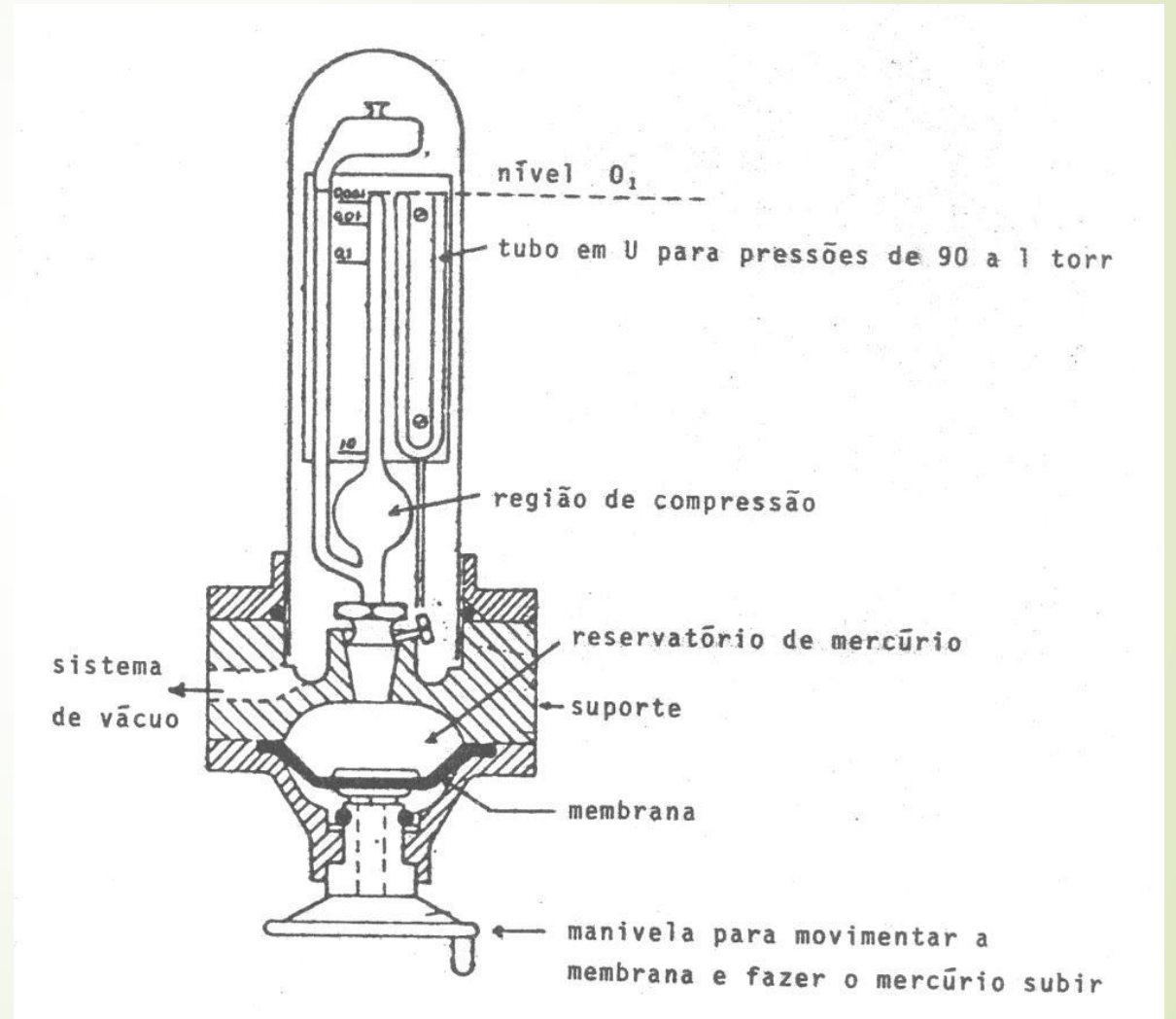
•Thermistor

•Penning

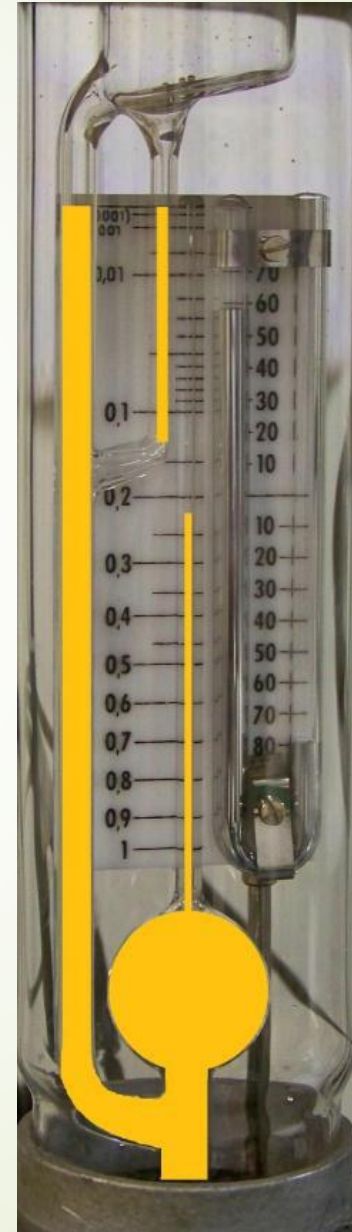
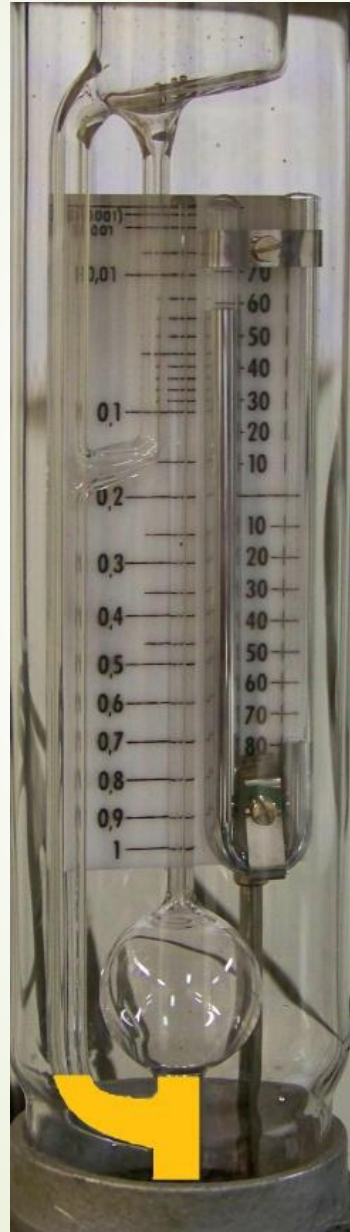
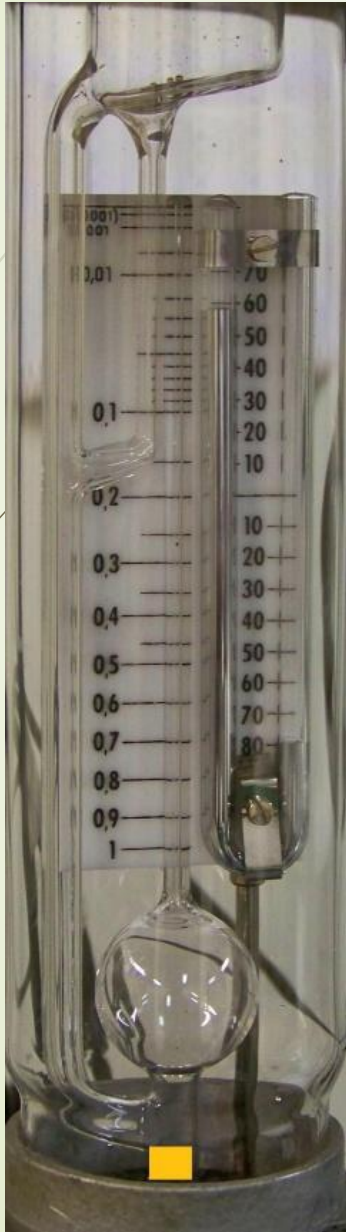
•Bayard-Alpert



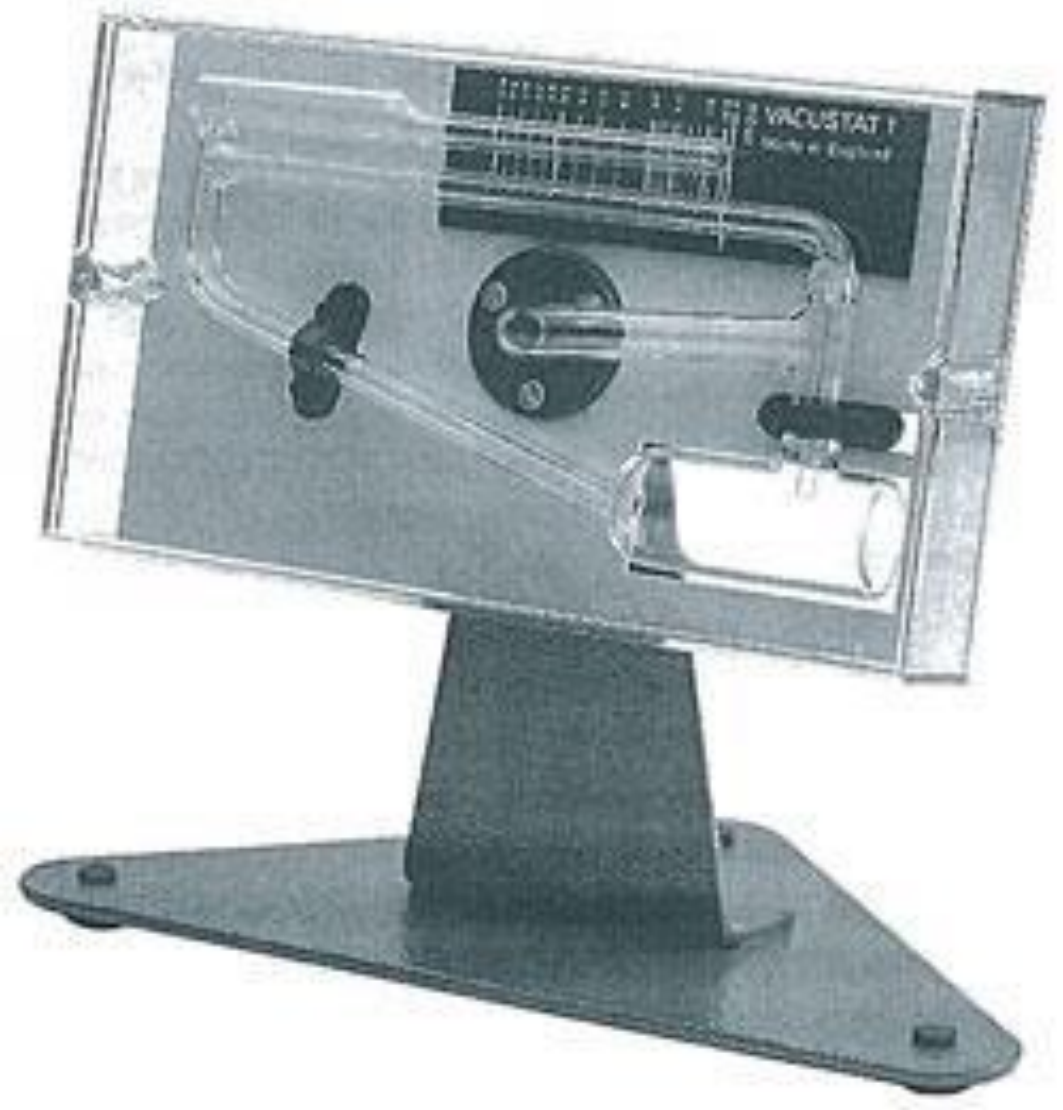
# Medidor McLeod ou Kammerer



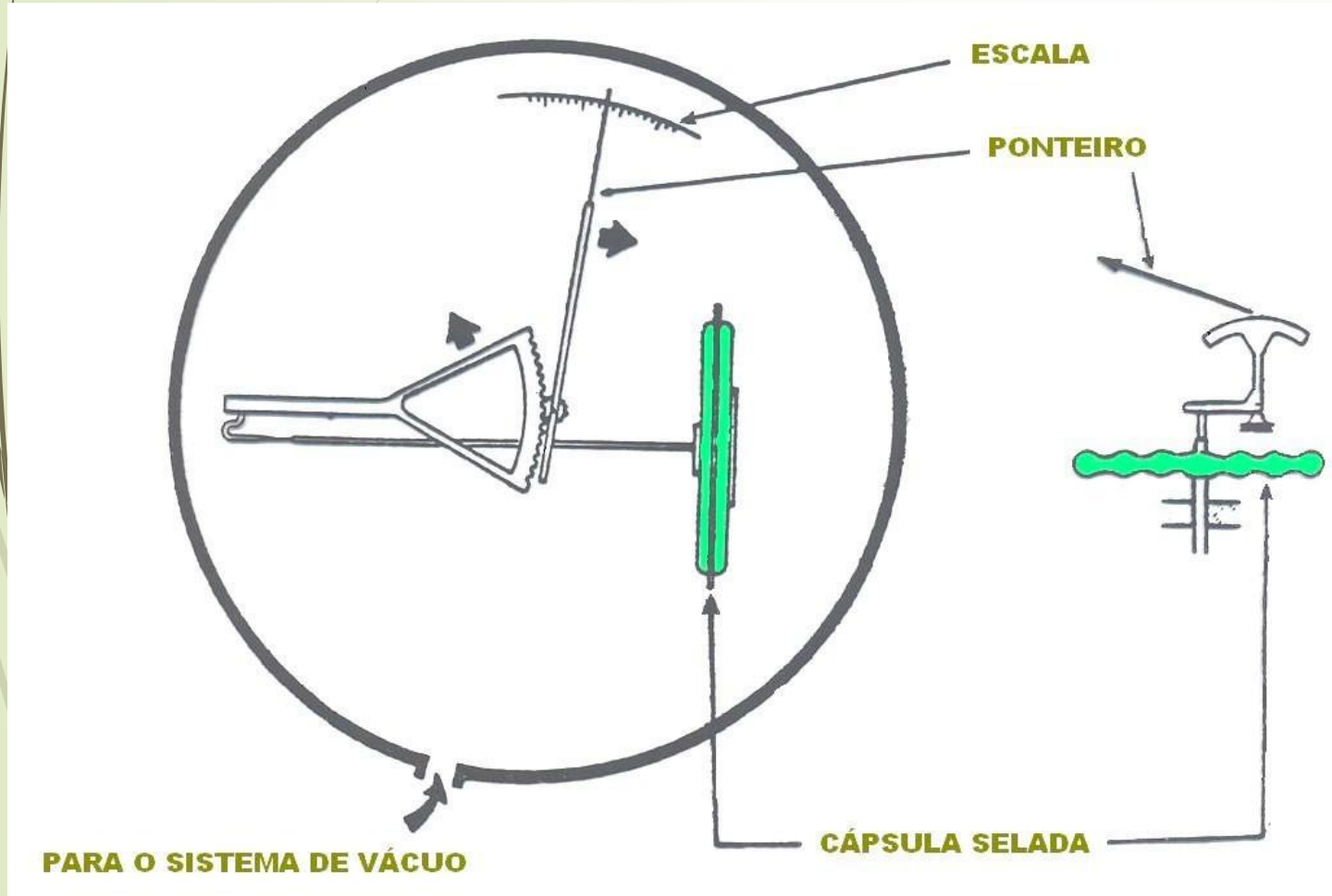
# Medidor McLeod ou Kammerer



# Medidor Vacustat



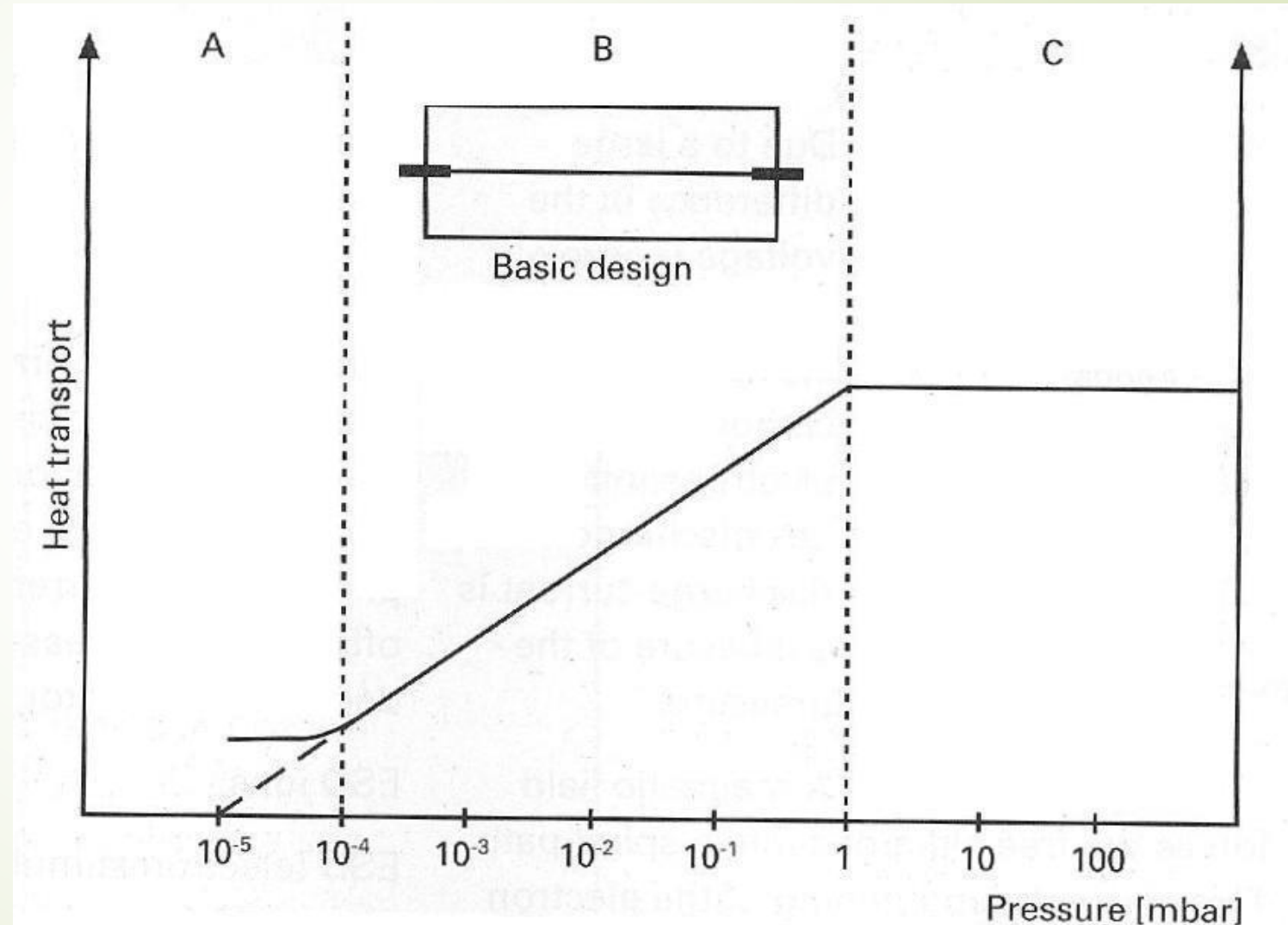
# Wallace & Tiernan



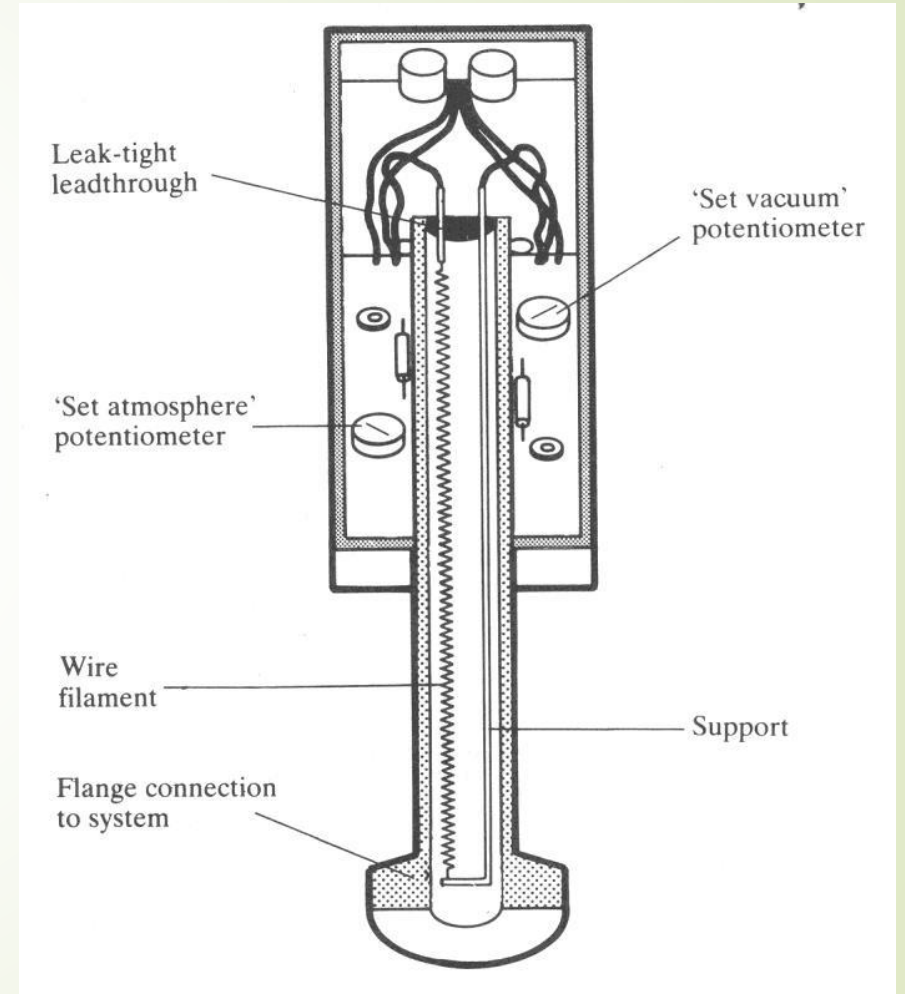
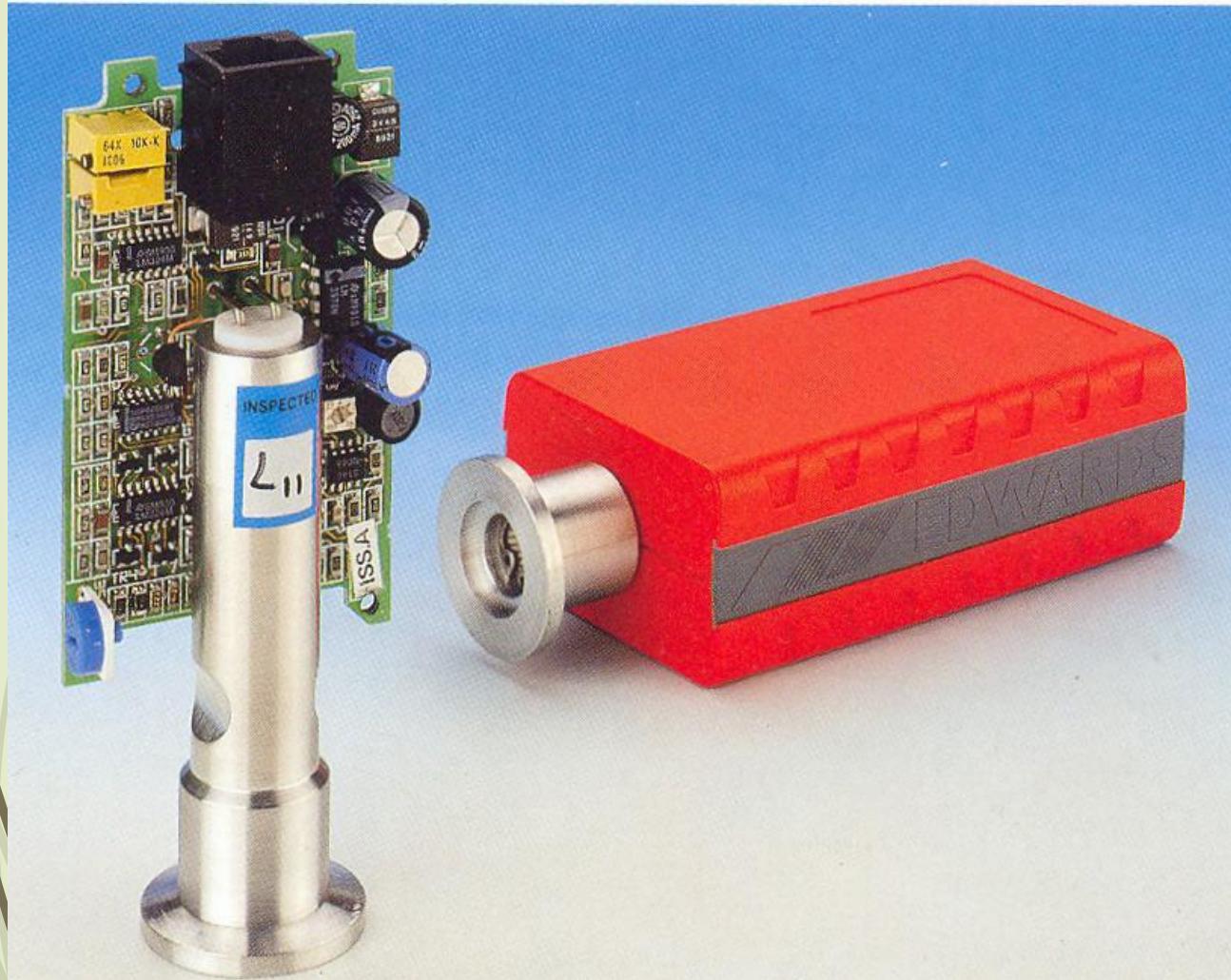


# Medidores de Termo-condutividade

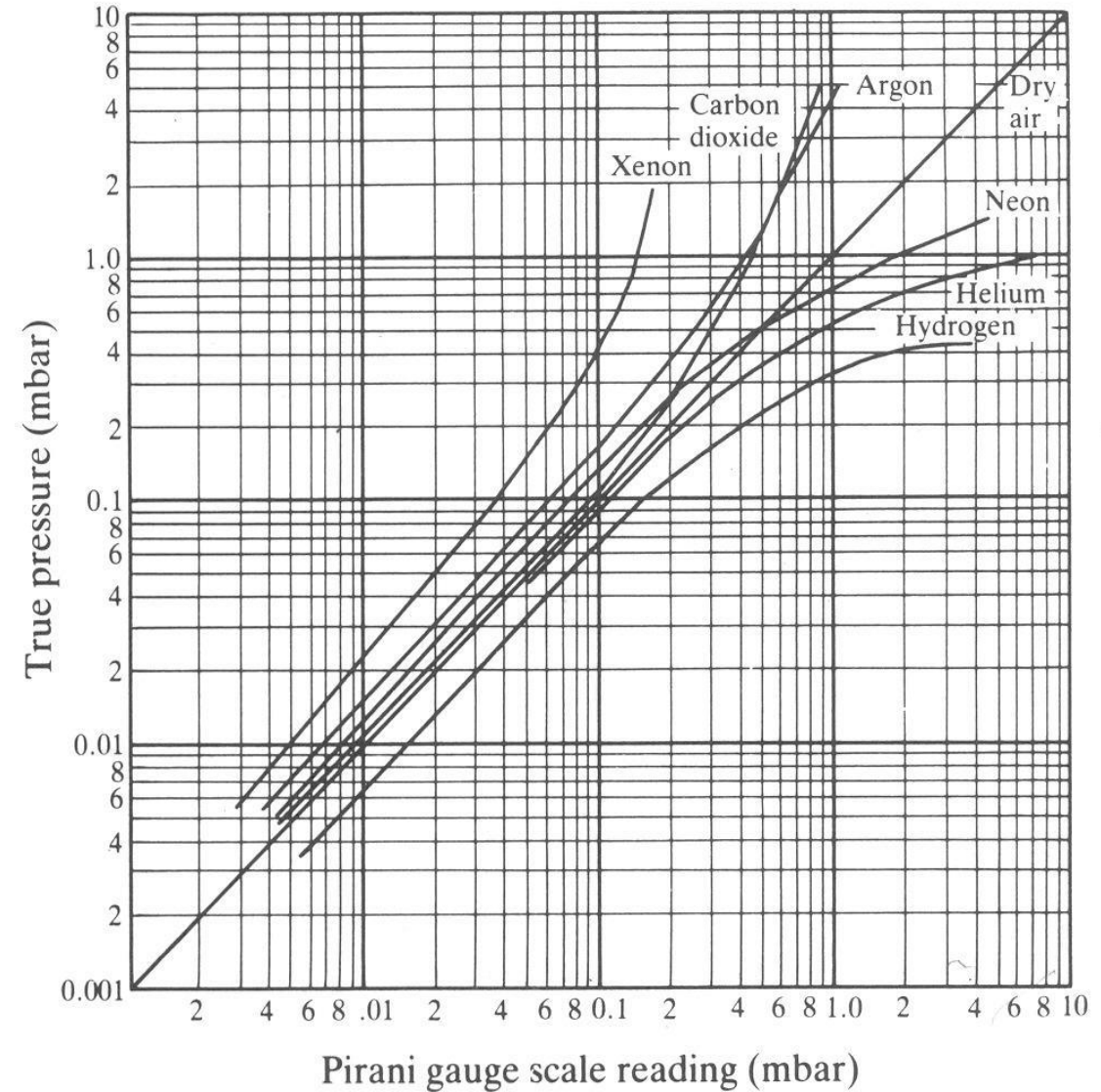
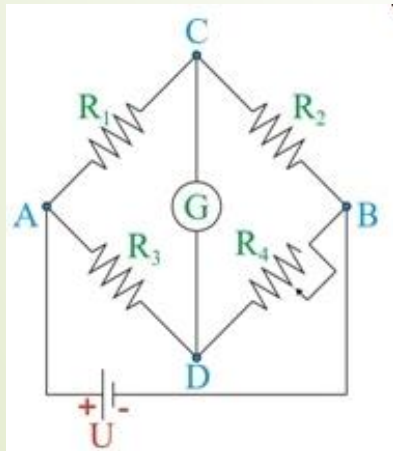
- Condução
- Convecção
- Radiação
  
- Pressão
- Temperatura
- Resistência



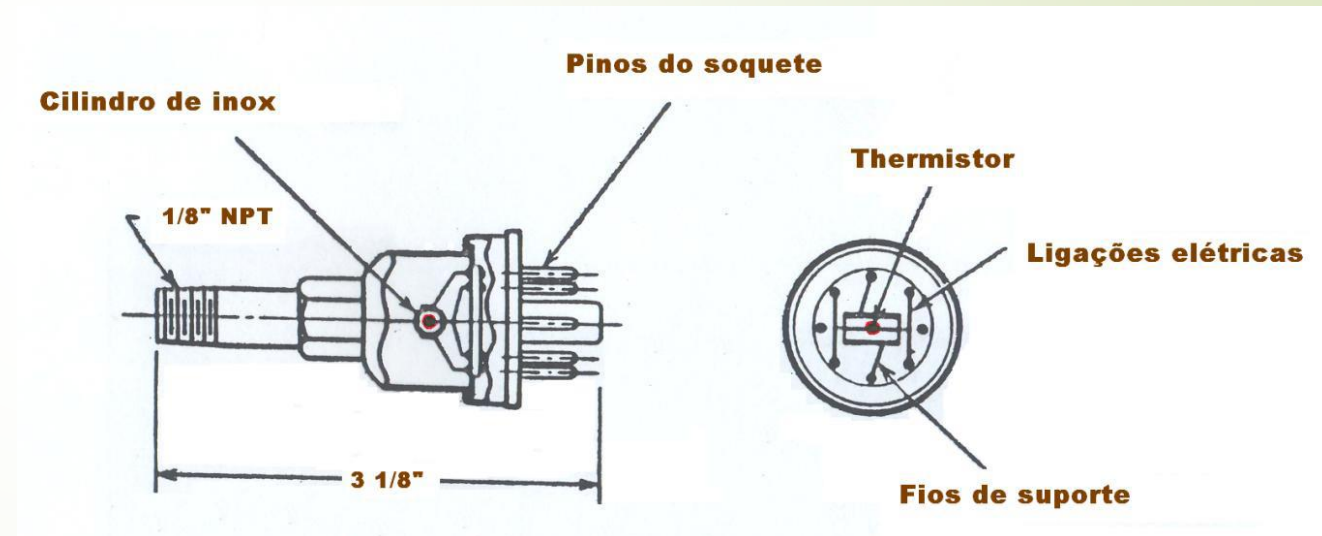
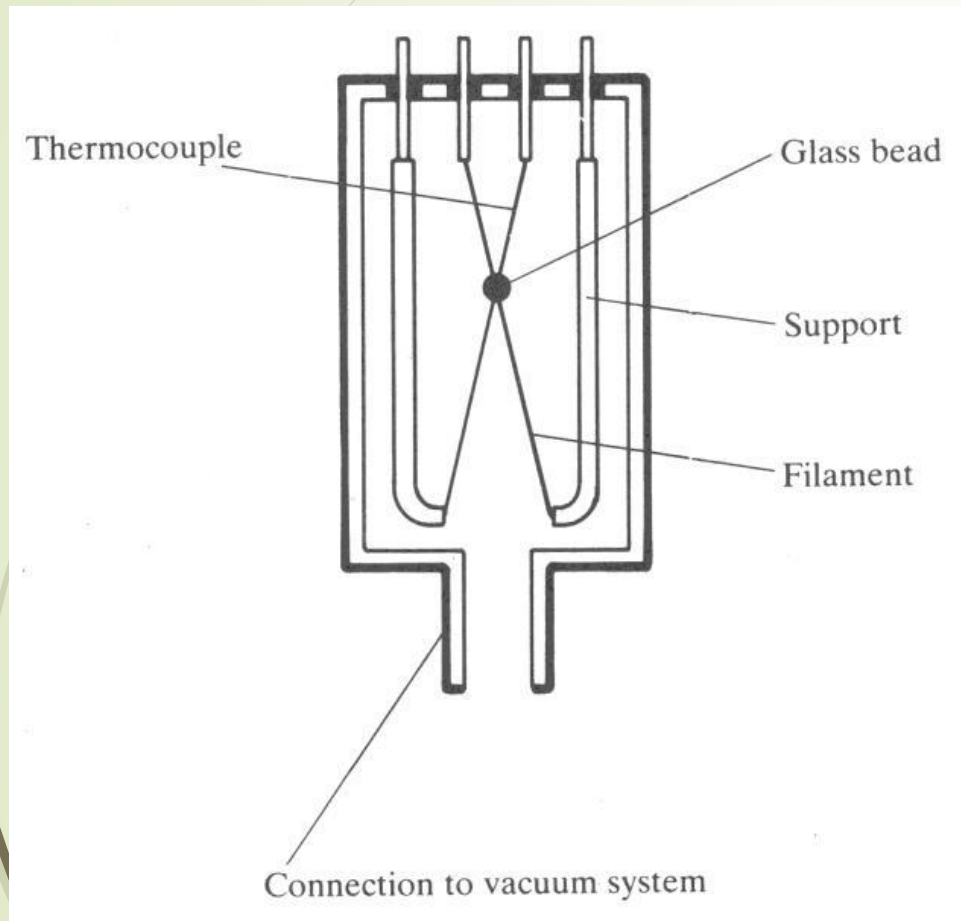
# Medidor Pirani



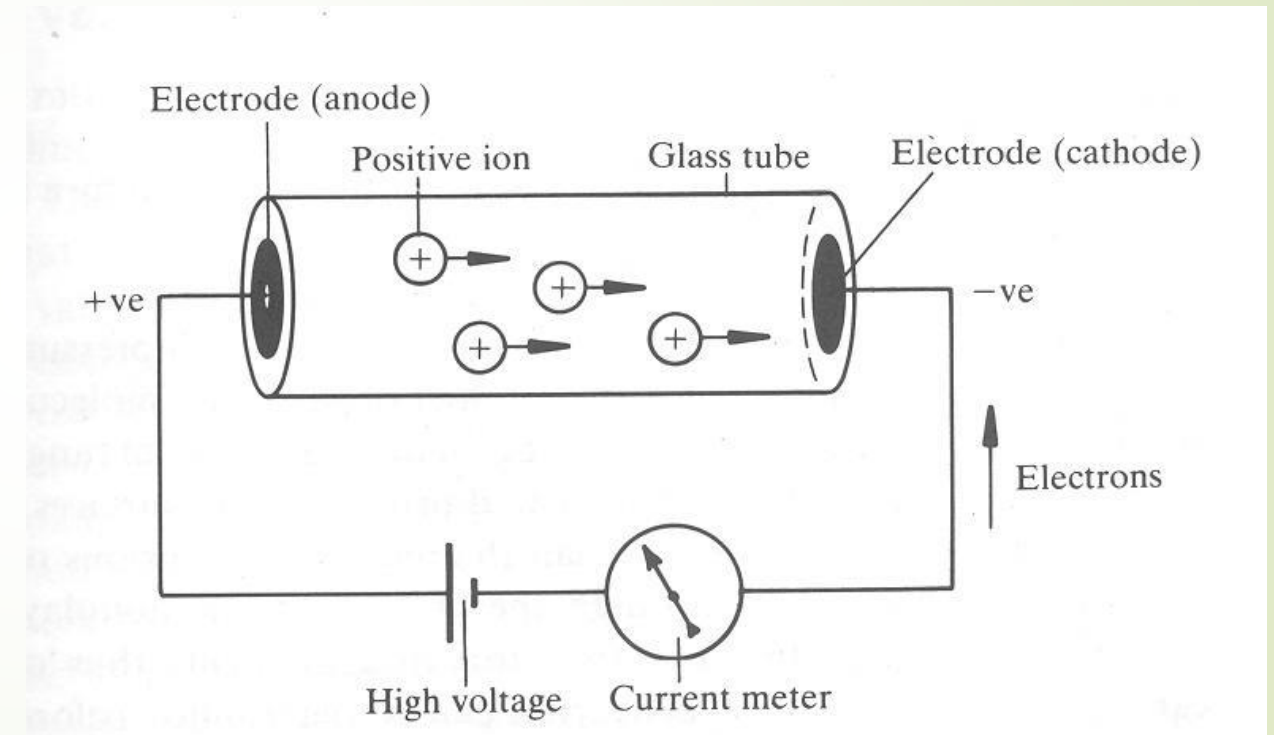
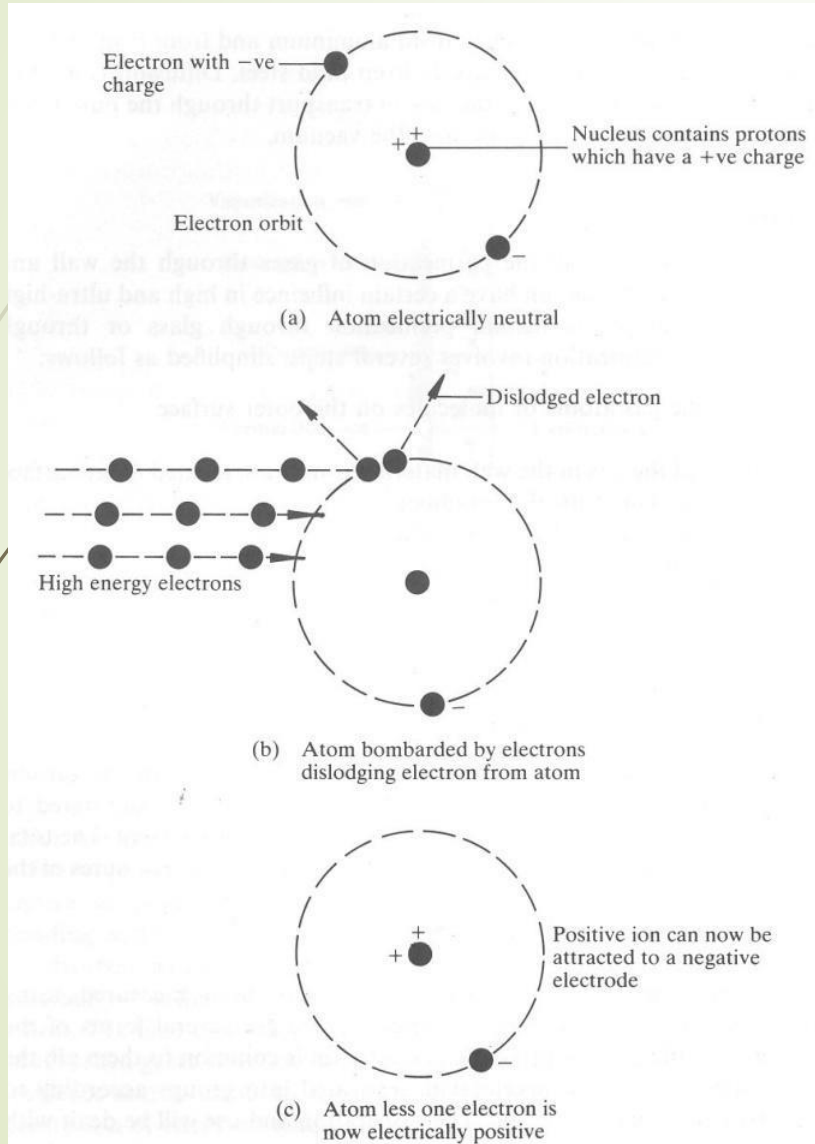
# Medidor Pirani



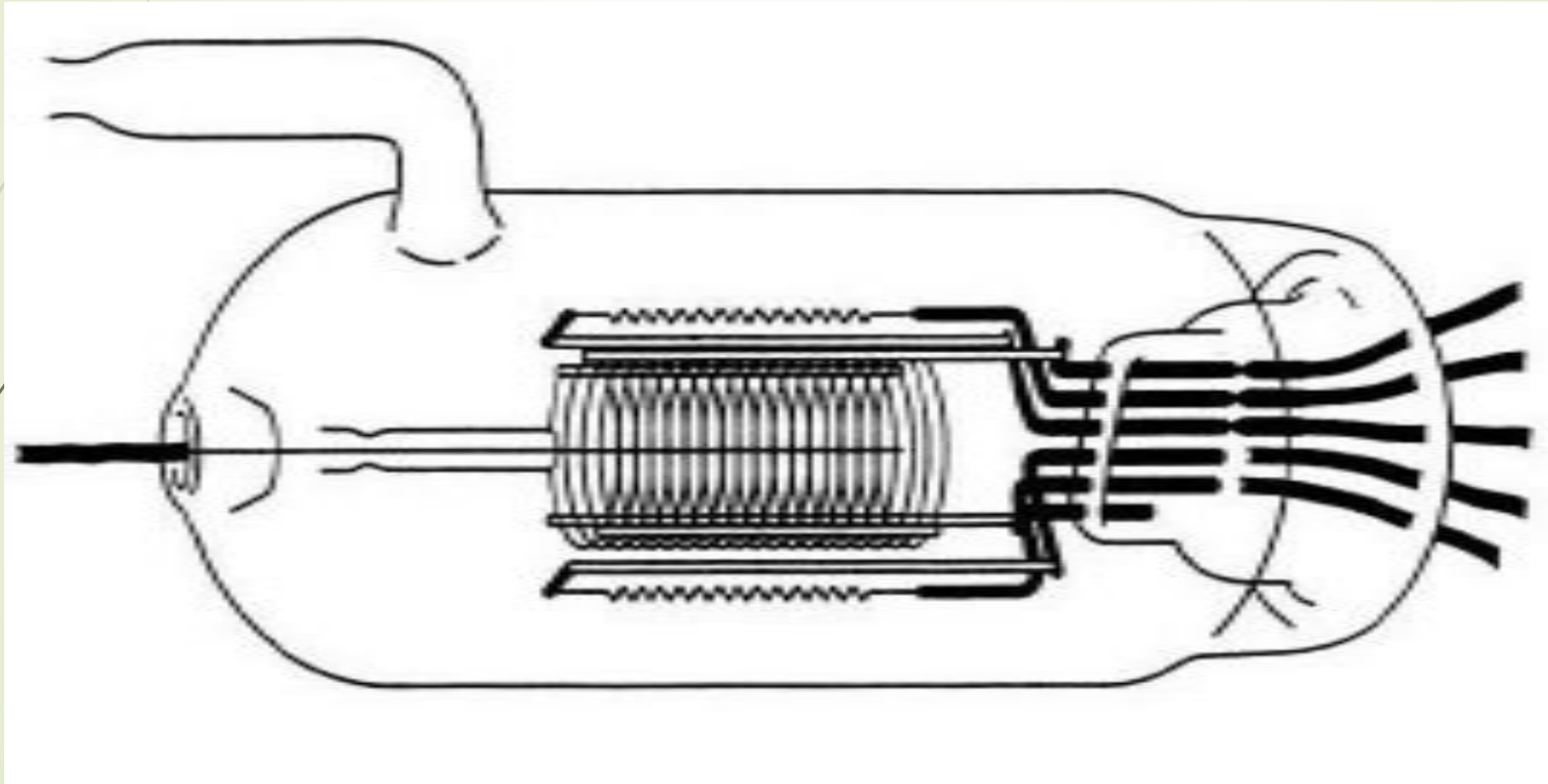
# Termopar e Thermistor



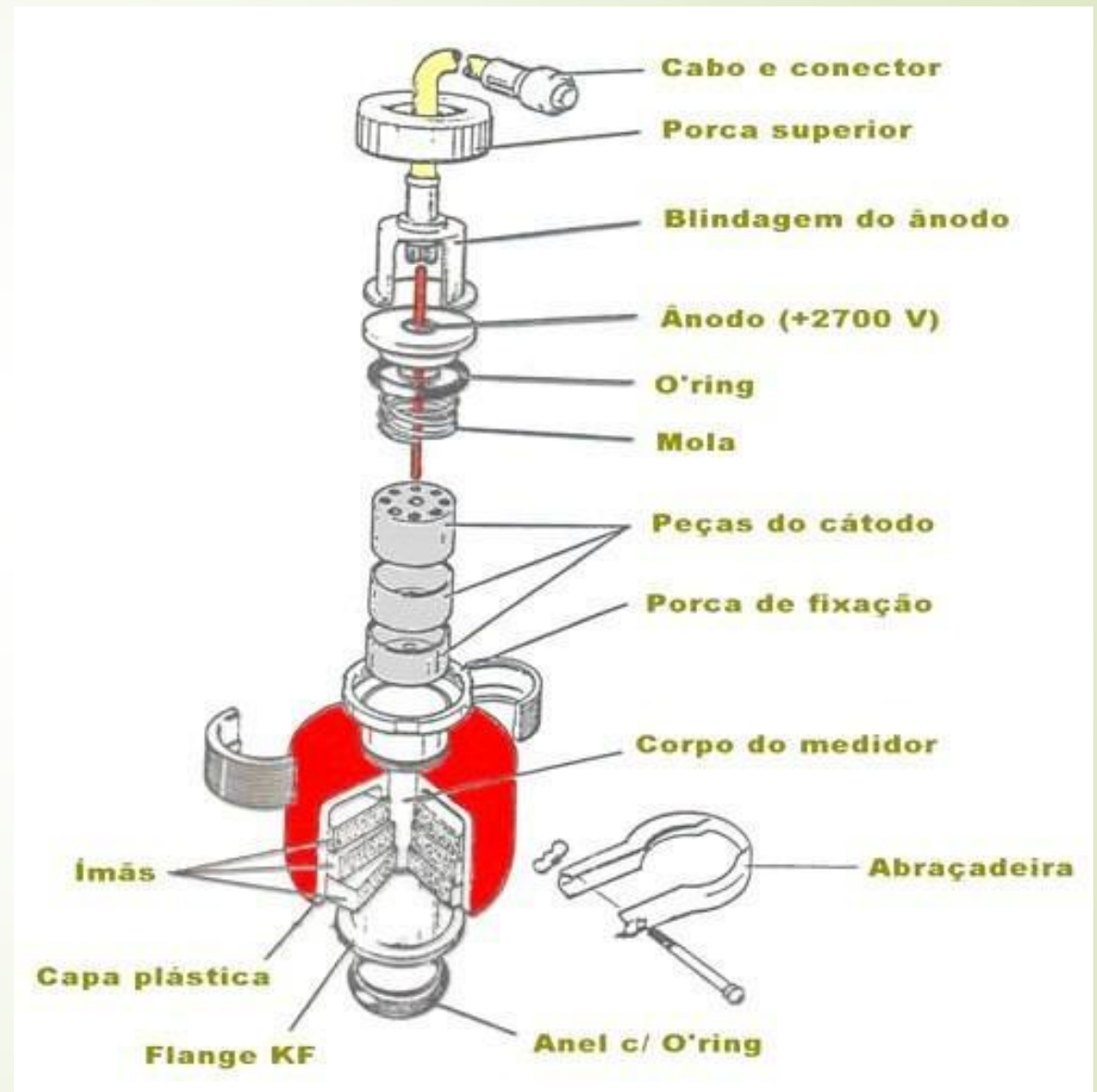
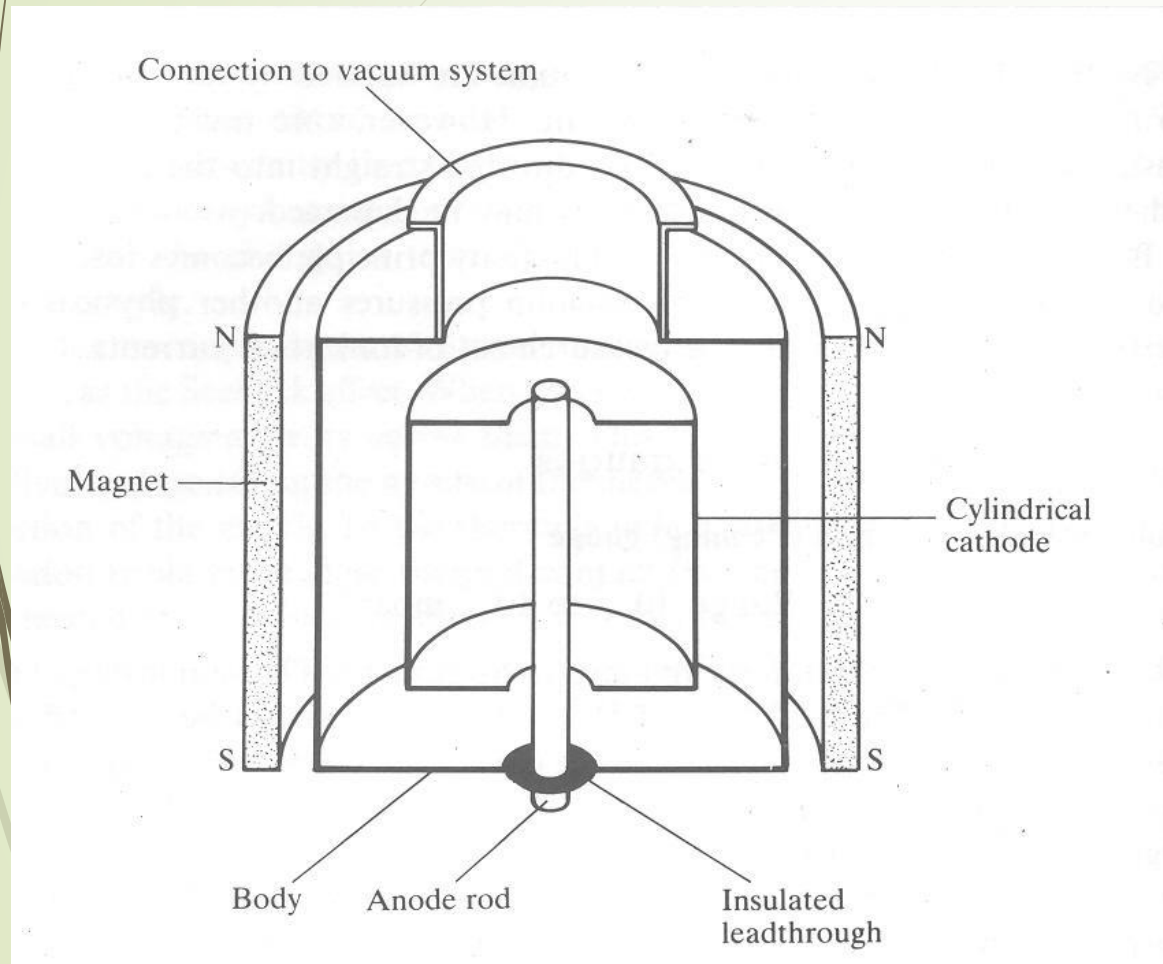
# Medidores de Ionização



# Catodo Quente: Bayard-Alpert



# Catodo Frio: Penning

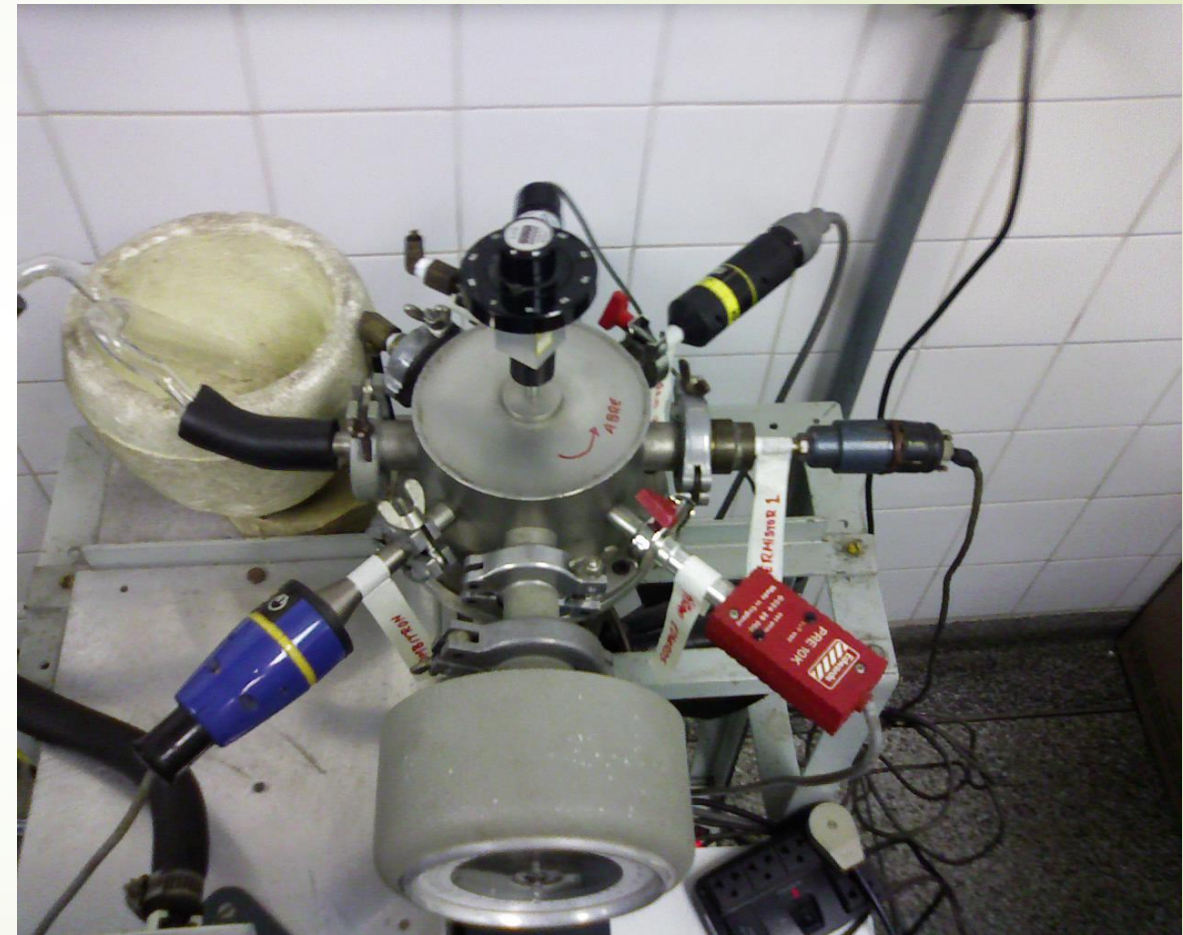
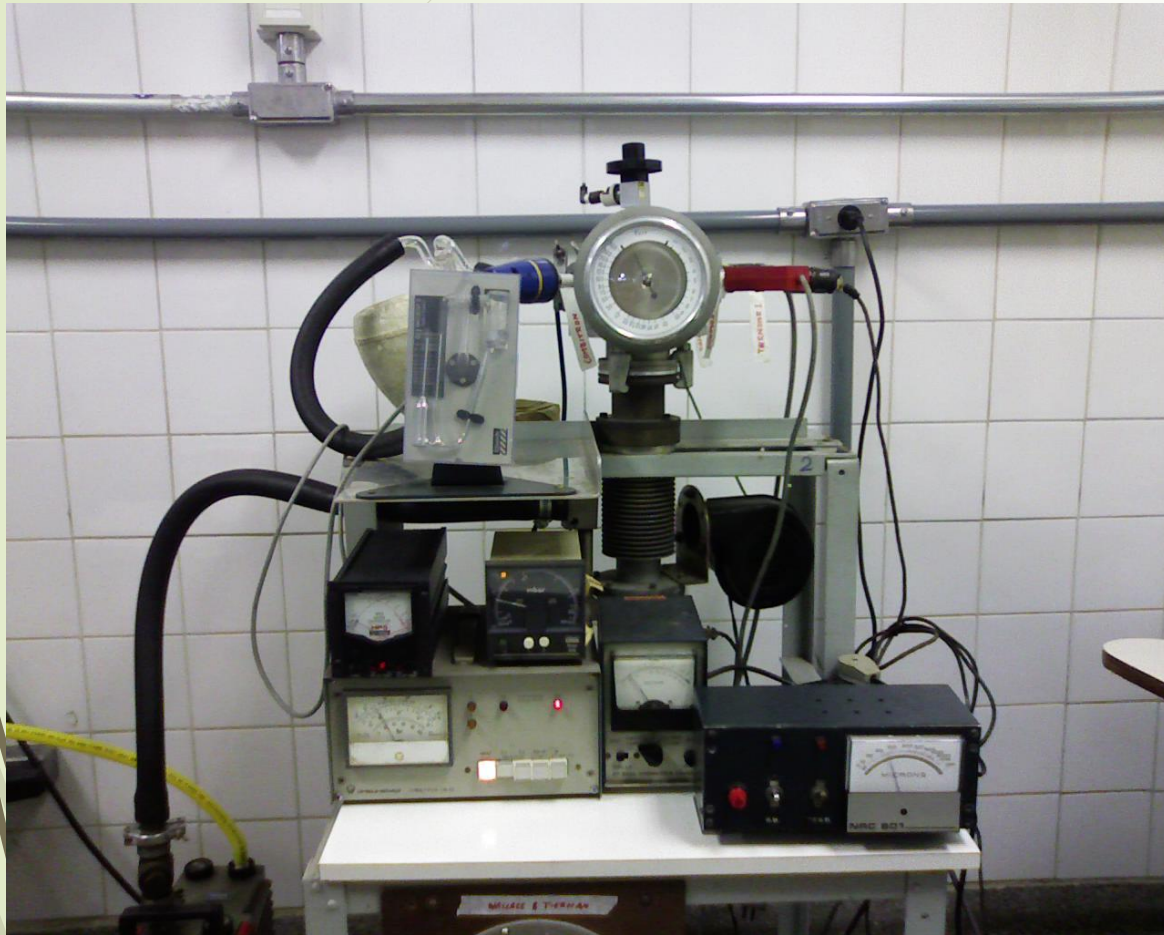


# Ciclo 1 – Experimento 1

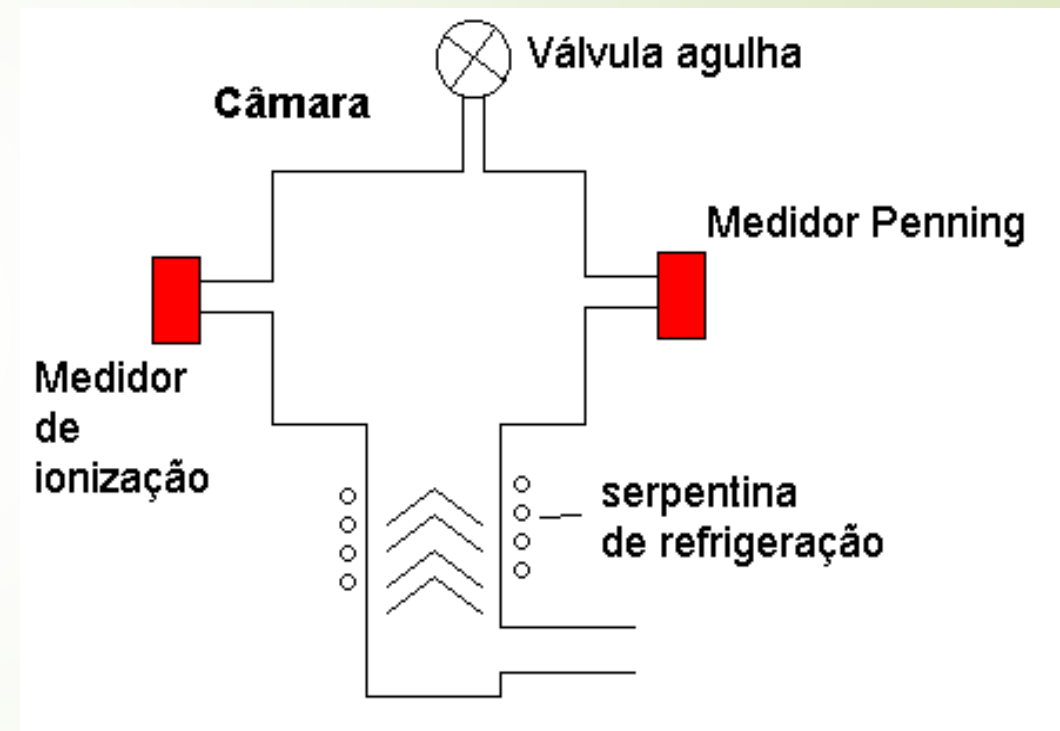




# Ciclo 1 – Experimento 2



# 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, CO<sub>2</sub>

# 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

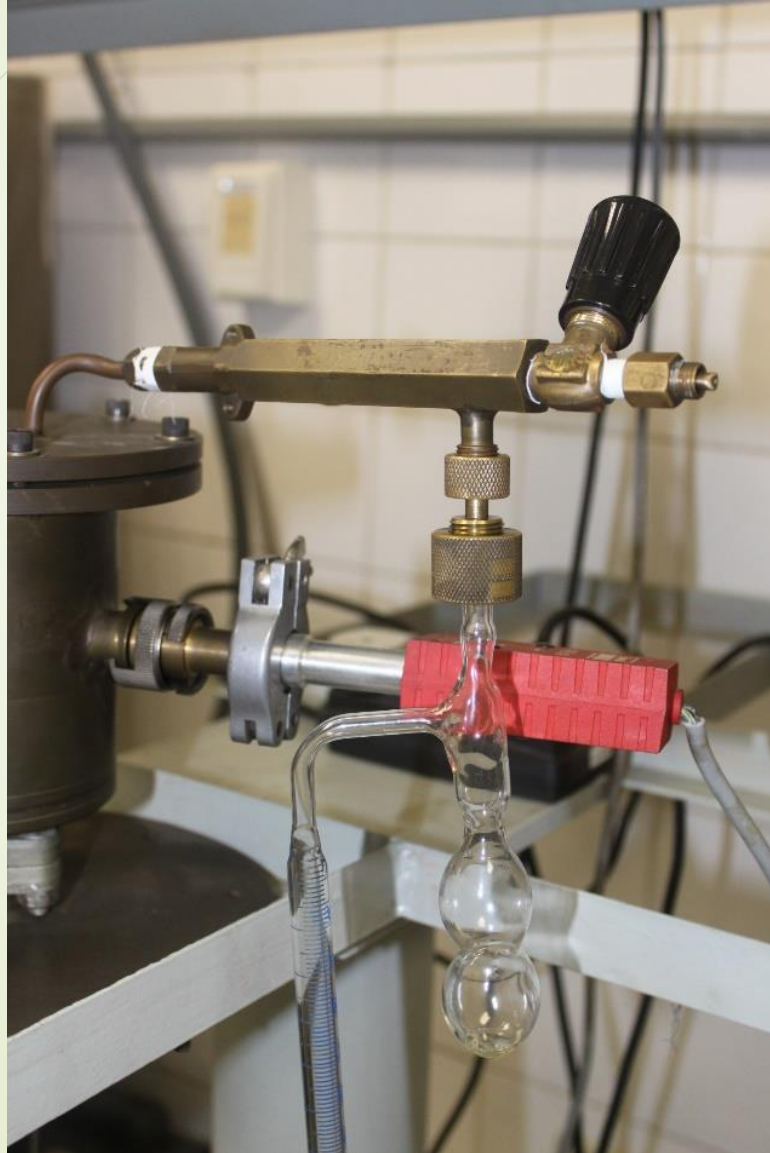
Gases disponíveis: Argônio, Hélio, CO<sub>2</sub>

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.

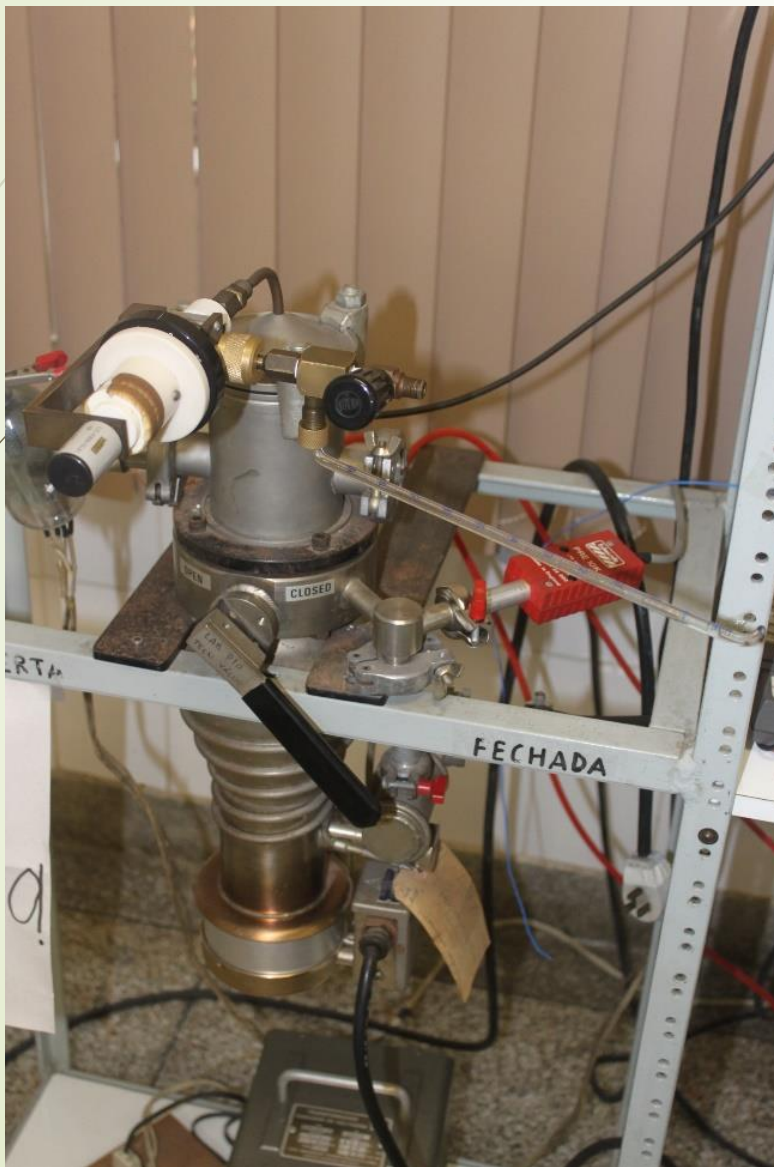
## Tabela de conversão

	<b>bar (dina/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>mbar</b>	<b>Pa (N/m<sup>2</sup>)</b>	<b>atm</b>	<b>torr</b>
<b>bar</b>	<b>1</b>	<b>10<sup>3</sup></b>	<b>10<sup>5</sup></b>	<b>0,986923</b>	<b>750,062</b>
<b>mbar</b>	<b>10<sup>-3</sup></b>	<b>1</b>	<b>10<sup>2</sup></b>	<b>0,9869×10<sup>-3</sup></b>	<b>0,750062</b>
<b>Pa</b>	<b>10<sup>-5</sup></b>	<b>10<sup>-2</sup></b>	<b>1</b>		<b>0,75×10<sup>-2</sup></b>
<b>atm</b>	<b>1,0132</b>	<b>1,0132×10<sup>3</sup></b>	<b>1,0132×10<sup>5</sup></b>	<b>1</b>	<b>760</b>
<b>torr</b>	<b>1,3332×10<sup>-3</sup></b>	<b>1,33322</b>	<b>1,33322×10<sup>2</sup></b>	<b>1,3158×10<sup>-3</sup></b>	<b>1</b>

## Ciclo 2 – Experimento 4



# Ciclo 2 – Experimento 5

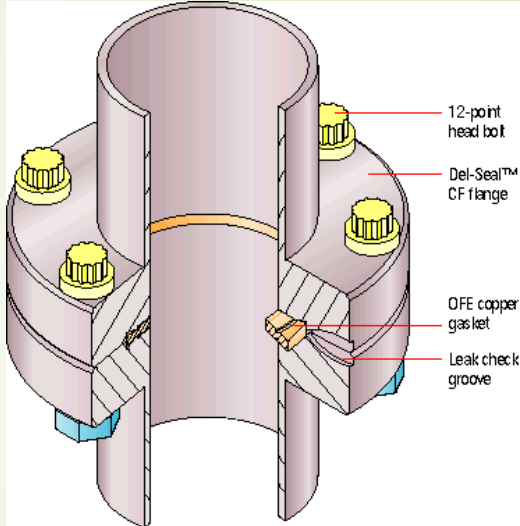


## Ciclo 2 – Experimento 6

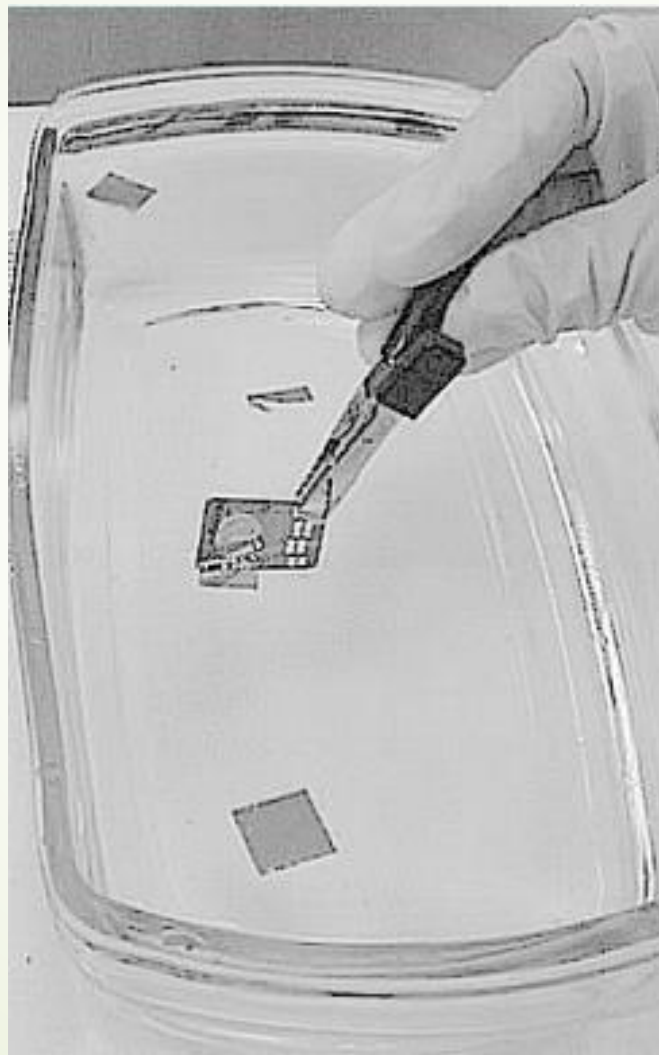




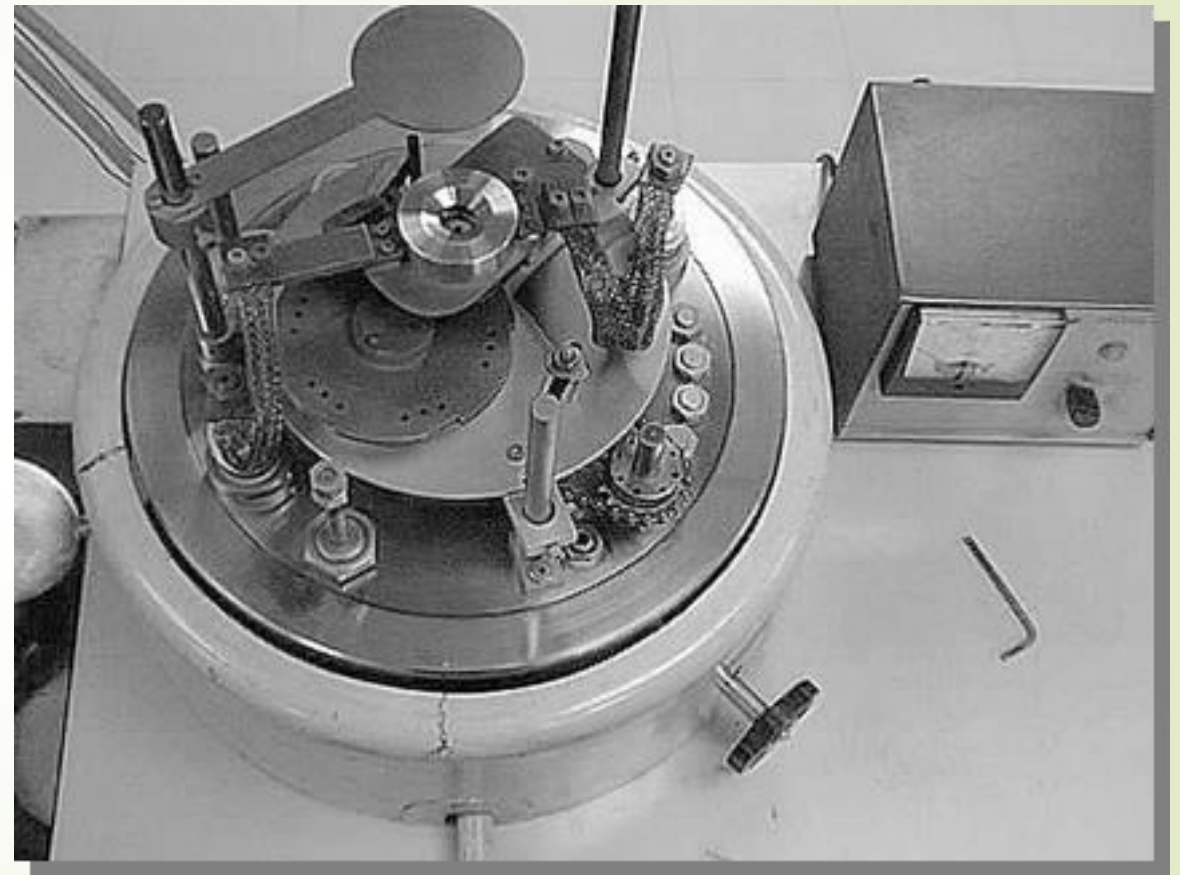
# Leak Detector, Vazamentos e Componentes



# 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

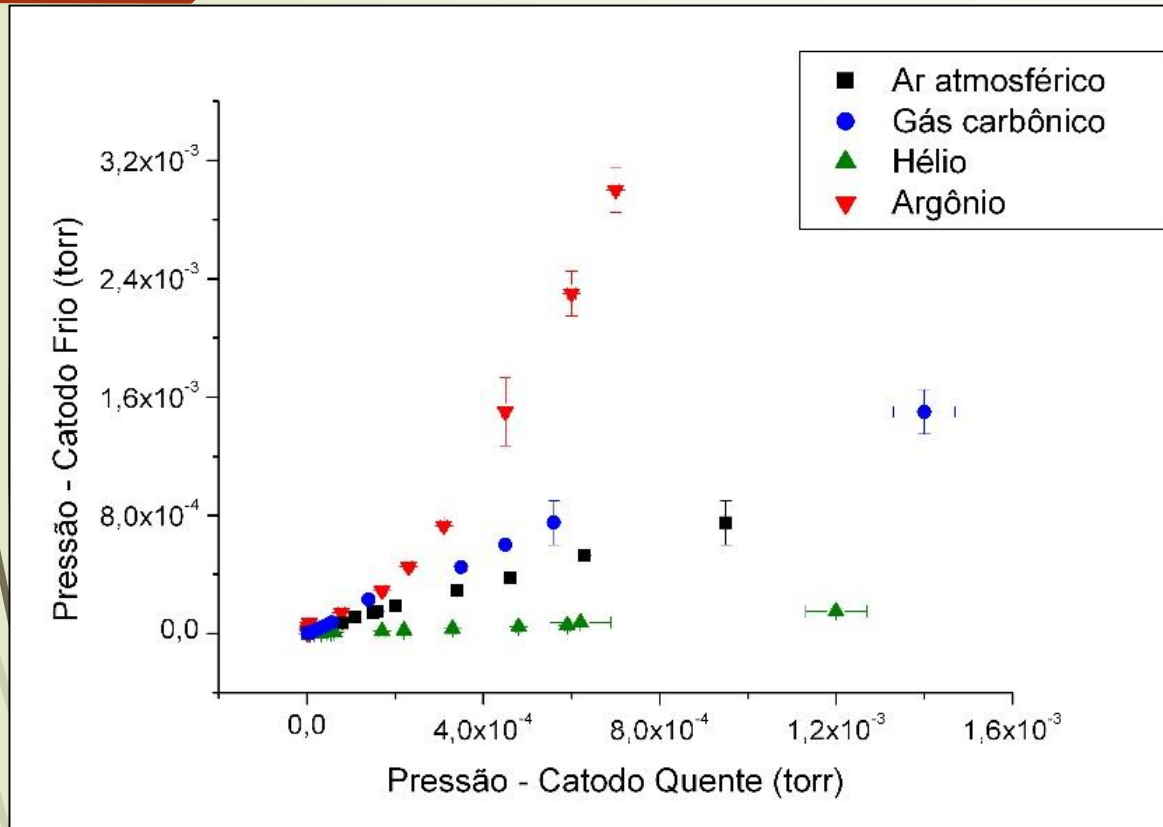


Gráfico bom

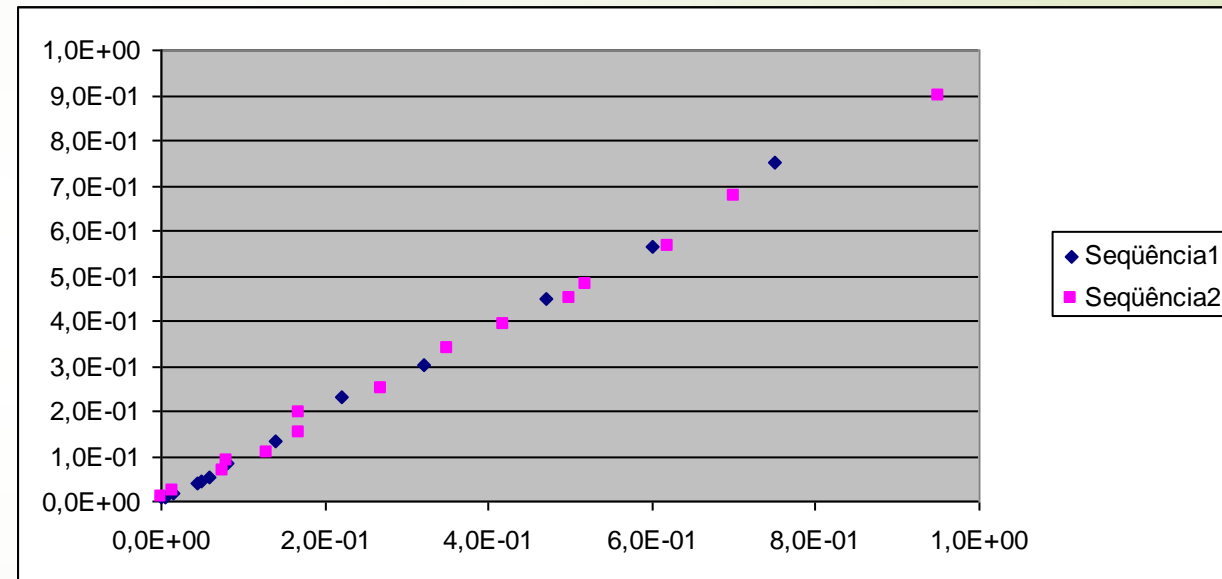
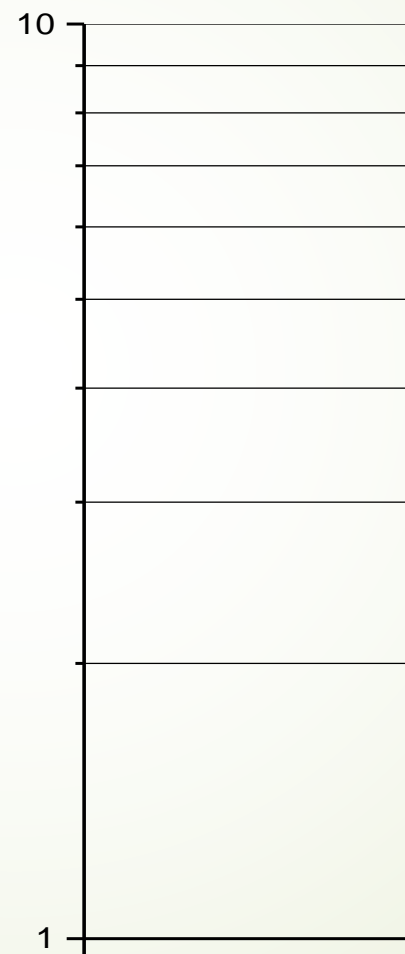
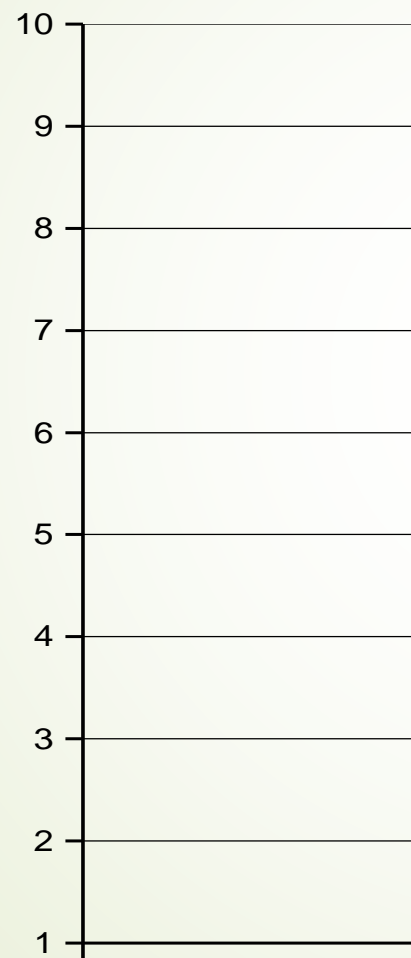


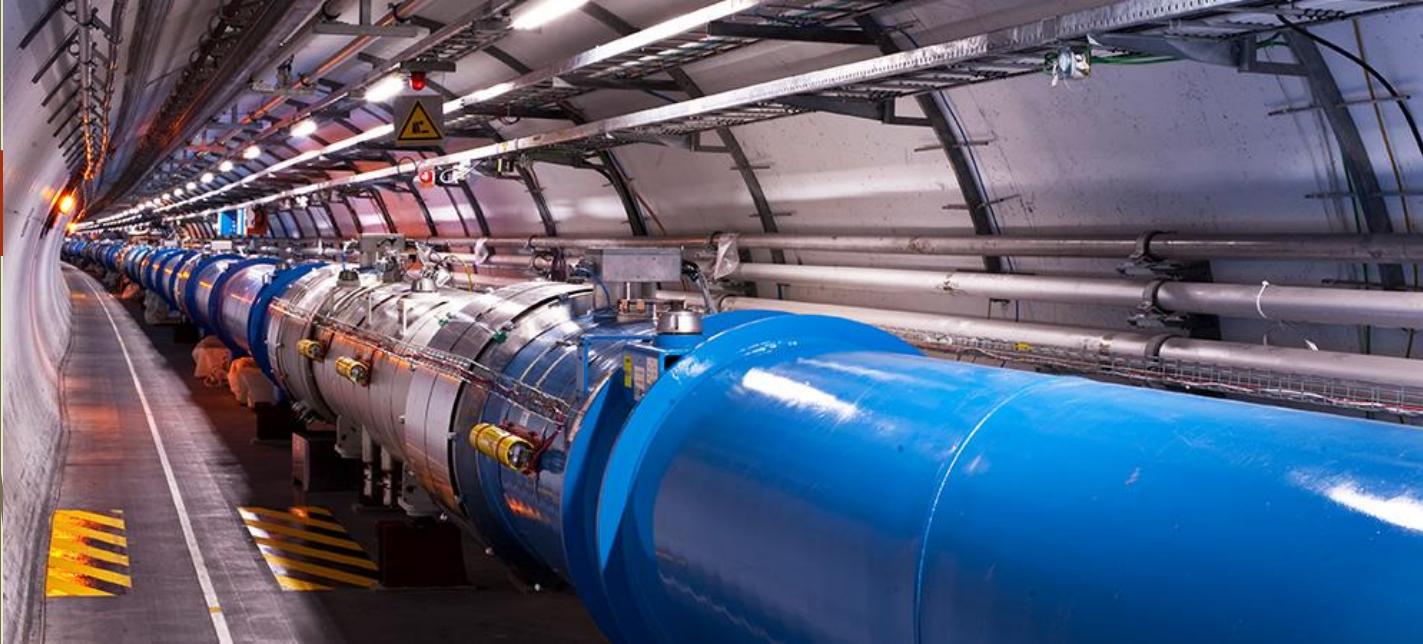
Gráfico (muito) ruim

**Alguns gráficos podem ficar melhores em escala logarítmica**

# Escala Linear e Escala Log







[www.testbourne.com](http://www.testbourne.com)

[www.ulvac.com](http://www.ulvac.com)



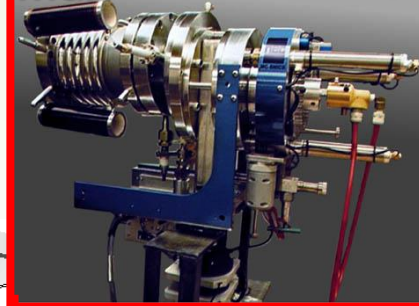
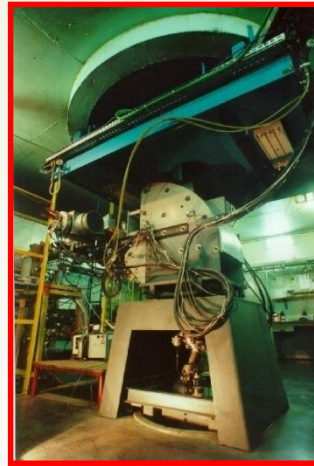
# Pelletron Acelerador, tandem, $V_{max} = 8\text{ MV}$ (carbon foil stripper)



**LAFN**

**Mass  
selection  
ME20**

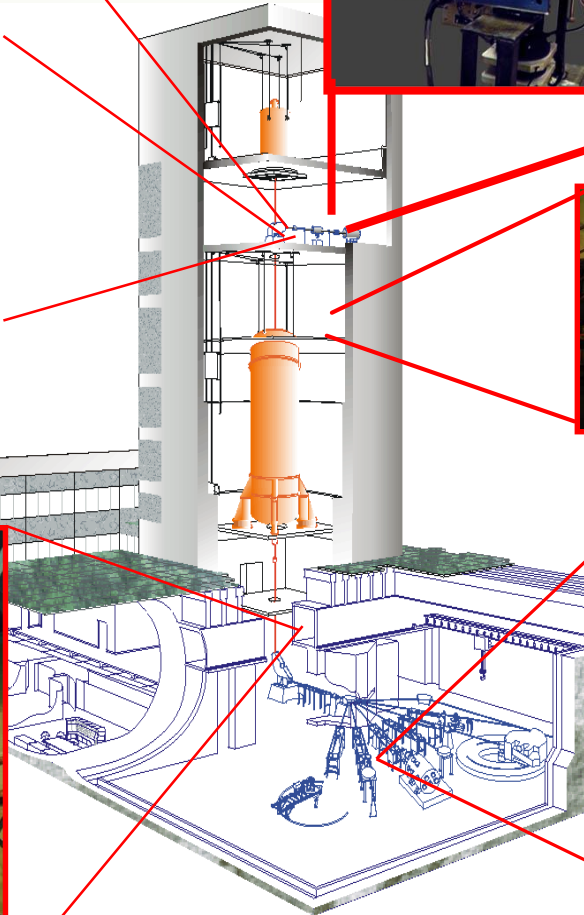
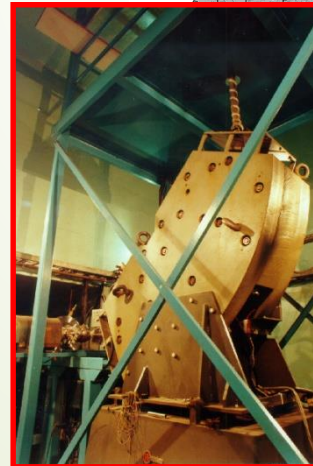
**Energy  
Selection  
ME200**



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

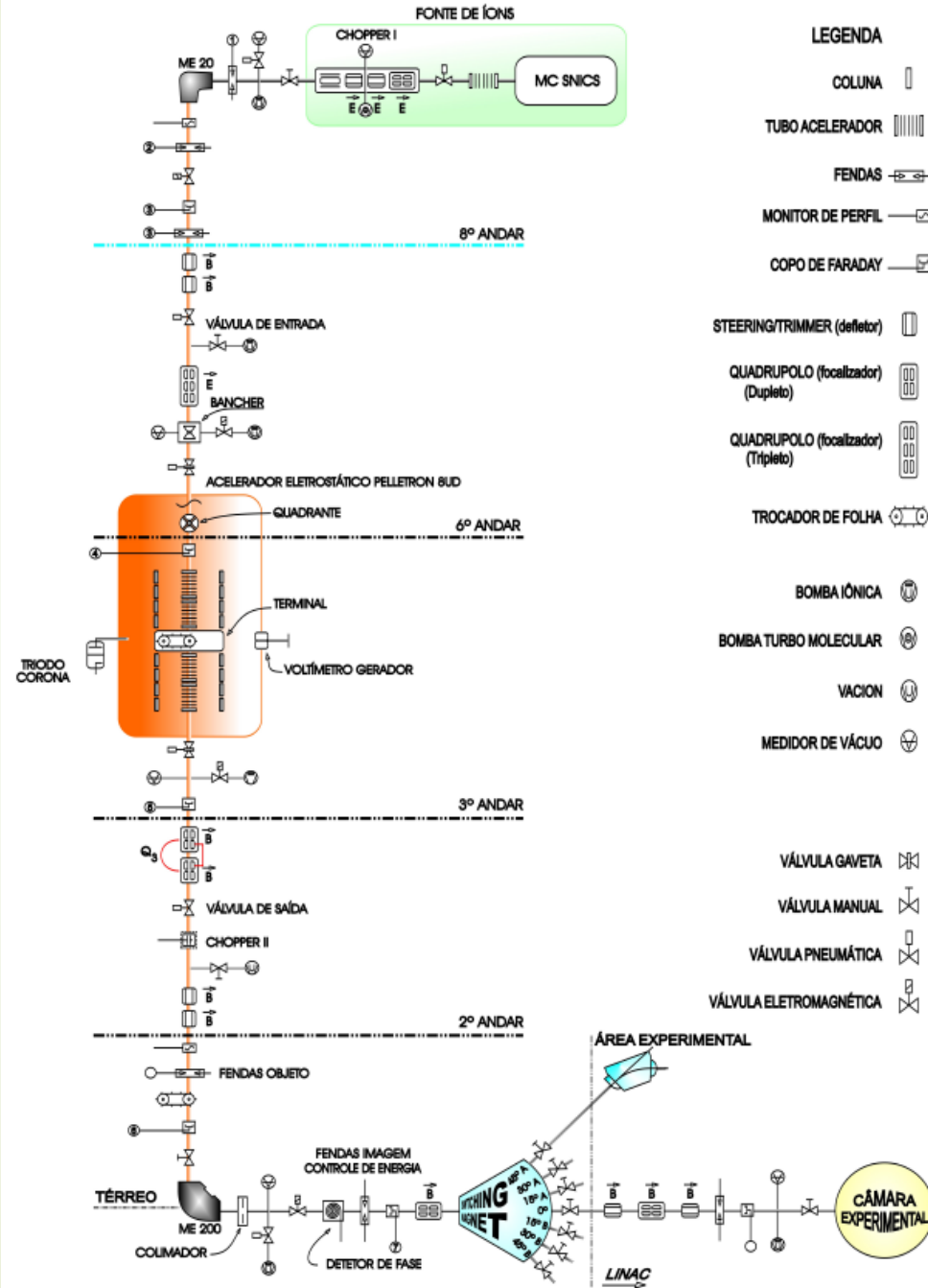


**TANK**



**Dedicated beam line**

# SISTEMA DE MONTAGEM





# Laboratório

**SALA 111 - Ala 2**



**Boas Medidas**

**e**

**Boa Sorte**

