



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Instituto de Física

Tecnologia do Vácuo

4300323

Apostila de Experimentos

SÃO PAULO
2º semestre de 2010

Professor: *Nilberto Heder Medina*

Professor: *Vinicius Antônio Zagatto*

Técnico de Laboratório: *Alvimar Floriano de Souza*

Experiência 1

Neste experimento serão calibrados os medidores termosensíveis: Pirani, Termopar e Thermistor a partir do medidor absoluto de pressão McLeod.

Preparação

1. Identificar todos os componentes do sistema de vácuo: bombas, medidores e válvulas.
2. Manter todas as válvulas fechadas e ligar a bomba mecânica.
3. Abrir lentamente a válvula gaveta e verificar se todos os medidores estão funcionando.
4. Verificar se não existem vazamentos no seu sistema de vácuo.

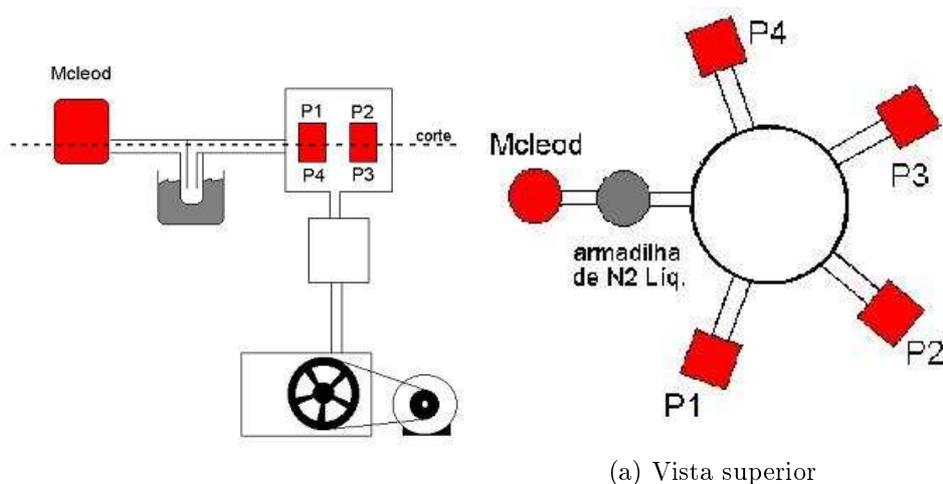


Figura 1: Desenho esquemático do sistema de vácuo a ser utilizado para a calibração dos medidores Pirani, termopar, thermistor a partir do manômetro McLeod.

Tomada de dados

1. Após o sistema atingir o equilíbrio, iniciar as medidas anotando as pressões lidas nos medidores para diversas pressões.
2. Para variar a pressão basta produzir um pequeno vazamento com auxílio de uma válvula agulha. Esta deve ser manuseada com muito cuidado.
3. Fazer a tomada de dados escolhendo cuidadosamente os intervalos de medidas. Deve ser feita uma quantidade de medidas suficiente para estudar as características de cada medidor. Não se esqueça de abaixar completamente o nível de Hg após cada medida com o manômetro McLeod. Mantenha o mercúrio sempre na parte de baixo do medidor McLeod.
4. Colocar nitrogênio líquido na armadilha e refazer a medidas.
5. Repetir as medidas utilizando os gases Ar e He.

Experiência 2

Neste experimento serão levantadas as curvas características dos medidores termosensores: Pirani, Termopar e Thermistor a partir do medidor absoluto de pressão Vacustat.

Preparação

1. Identificar todos os componentes do sistema de vácuo: bombas, medidores e válvulas.
2. Mantenha o medidor Vacustat sempre na posição horizontal.
3. Manter todas as válvulas fechadas e ligar a bomba mecânica.
4. Verificar se todos os medidores estão funcionando.
5. Verificar se não existem vazamentos no seu sistema de vácuo.

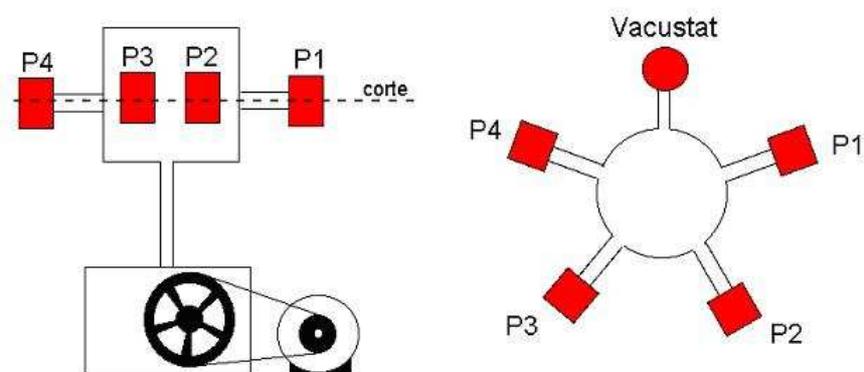


Figura 2: Desenho esquemático do sistema de vácuo a ser utilizado para a calibração dos medidores Pirani, termopar, thermistor a partir do manômetro Vacustat.

Tomada de dados

1. Após o sistema atingir o equilíbrio, iniciar as medidas anotando as pressões lidas nos medidores para diversas pressões.
2. Para variar a pressão basta produzir um pequeno vazamento com auxílio de uma válvula agulha. Esta deve ser manuseada com muito cuidado.
3. Fazer a tomada de dados escolhendo cuidadosamente os intervalos de medidas. Deve ser feita uma quantidade de medidas suficiente para estudar as características de cada medidor.
4. Refazer as medidas após 30 minutos de bombeamento.
5. Colocar nitrogênio líquido na armadilha e refazer a medidas.
6. Repetir as medidas utilizando os gases Ar e He.

Experiência 3

Neste experimento utiliza-se o medidor de ionização (Bayard-Alpert), previamente calibrado com o manômetro McLeod, para efetuar a calibração do medidor Penning (catodo frio).

Preparação

1. Identificar todos os componentes do sistema de vácuo: bombas, medidores e válvulas.
2. Fazer pré-vácuo em todo o sistema (bomba difusora e câmara) através da bomba mecânica. O pré-vácuo deve ser monitorado pelo manômetro Pirani.
3. Somente após o sistema atingir um vácuo da ordem de 10^{-2} torr, ligar a bomba difusora e ativar a serpentina de refrigeração através da circulação de água.
4. Esperar o sistema atingir uma pressão da ordem de 10^{-6} torr

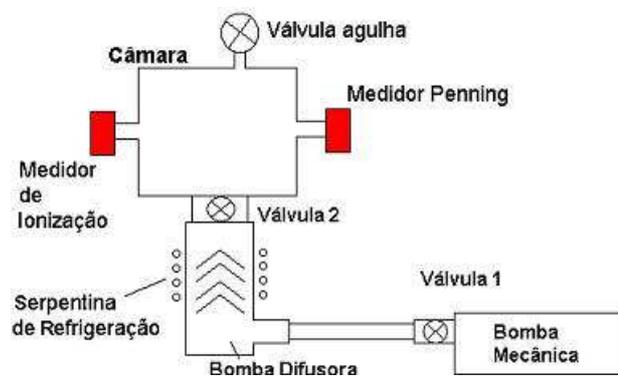


Figura 3: Desenho esquemático do sistema de vácuo a ser utilizado.

Tomada de dados

1. Após o sistema atingir o equilíbrio, iniciar as medidas anotando as pressões lidas em ambos medidores para diversas pressões. O medidor Bayard-Alpert deve ser previamente ajustado.
2. Para variar a pressão basta produzir um pequeno vazamento com auxílio de uma válvula agulha. Esta deve ser manuseada com muito cuidado. Devem ser utilizadas as diferentes escalas que o equipamento oferece.
3. Fazer a tomada de dados escolhendo cuidadosamente os intervalos de medidas. Deve ser feita uma quantidade de medidas suficiente para estudar as características de cada medidor.
4. As medidas devem ser repetidas utilizando os gases Ar, CO₂ e He.
5. Comparar e explicar os resultados obtidos com as diferentes escalas.
6. Durante o experimento, verificar o que acontece com o sistema quando desativamos por algum tempo (alguns minutos) o sistema de refrigeração da bomba difusora.
7. Passar corrente na grade do medidor de ionização e descrever o que ocorre.
8. A bomba difusora deve ser desligada pelo menos 30 minutos antes do final da aula, tomando cuidado para manter a bomba mecânica ligada até o óleo da bomba difusora esfriar, evitando que se deteriore.

Experiência 4

Nesta experiência utilizaremos o “método da pipeta” para determinação da velocidade de bombeamento (S) de bombas de vácuo em função da pressão (P).

Preparação

1. Identificar todos os componentes do sistema de vácuo: bombas, medidores e válvulas.
2. Ligar a bomba mecânica mantendo as válvulas 1 e 2 fechadas, deixando apenas a válvula 3 aberta (ver figura).
3. Abrir lentamente a válvula 2 e verificar se o medidor está funcionando.
4. Verifique se não existem vazamentos no seu sistema de vácuo.

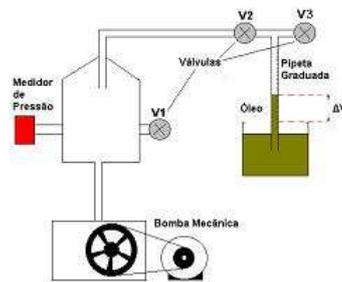


Figura 4: Desenho esquemático do sistema de vácuo a ser utilizado.

Tomada de dados

1. Após o sistema atingir o equilíbrio, iniciar as medidas fechando a válvula 3, anotando a pressão lida no medidor (P), o volume da coluna de óleo (ΔV) e o tempo de subida deste (Δt).
2. Abrir imediatamente a válvula 3 depois de efetuada a medida para evitar que o óleo contamine o sistema.
3. O método da pipeta para determinação da velocidade das bombas obedece à seguinte expressão:

$$S(P) = \frac{P_{atm}}{P} \times \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

4. Abrir lentamente a válvula 2 até atingir um novo ponto de equilíbrio e fazer nova leitura. Repetir o procedimento até cobrir uma faixa de pressão entre 0.01 e 0.8 torr.
5. Depois de levantar a curva da primeira bomba mecânica, trocá-la por outra e repetir o estudo. Existem duas bombas, ambas de duplo estágio, disponíveis para este experimento:
 - (a) (01) da marca Edwards com velocidade de bombeamento $8 \text{ m}^3/\text{h}$ (vide manual)
 - (b) (01) da marca Welch (vide apostila sobre bombas)
6. Abrir o gas ballast e levantar uma nova curva.
7. Repetir o procedimento utilizando gás Ar para uma das bombas mecânicas.
8. Repetir o procedimento utilizando uma bomba de sorção nas medições.
9. Comparar e explicar todos os resultados obtidos.

Experiência 5

Neste experimento será determinada a curva característica de bombas difusoras utilizando o método da pipeta. Serão estudados dois modelos de bombas, uma da marca Edwards, modelo Diffstak-63/150 e uma bomba Veeco com e sem armadilha de nitrogênio líquido.

Preparação

1. Identificar todos os componentes do sistema de vácuo: bombas, medidores e válvulas.
2. Fazer o pré-vácuo em todo o sistema (bomba difusora e câmara). A pressão de pré-vácuo deve ser monitorada pelo manômetro Pirani.
3. Conectar o sensor de temperatura (termopar) próximo da resistência da bomba difusora.
4. Somente após o sistema atingir uma pressão da ordem de 10^{-2} torr, ligar a bomba difusora e ativar a serpentina de refrigeração através da circulação de água. Manter a tensão da resistência da bomba difusora em 220 V.
5. Esperar o sistema atingir um vácuo da ordem de 10^{-6} torr. Calibrar e desgaseificar o medidor Bayard-Alpert.

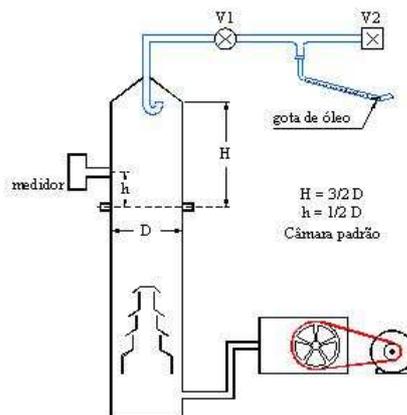


Figura 5: Desenho esquemático do sistema de vácuo a ser utilizado.

Tomada de dados

1. Após o sistema atingir o equilíbrio, iniciar as medidas da velocidade de bombeamento da bomba difusora em várias pressões. Para variar a pressão basta produzir um pequeno vazamento com auxílio da válvula agulha, mantendo a válvula Hoke (V2) aberta. Ao abrir a válvula agulha é aconselhável colocar o medidor na escala logarítmica.
2. Manusear as válvulas V1 e V2 com muito cuidado, pois o sistema não é fixo.
3. A velocidade de bombeamento deve ser medida variando a temperatura do óleo da bomba difusora. O diâmetro da entrada da bomba difusora Edwards é $D = 76$ mm.
4. Medir a velocidade de bombeamento de uma bomba difusora Veeco com e sem uma armadilha de nitrogênio líquido. O diâmetro de entrada dessa bomba difusora é de 2 polegadas. A sua velocidade de bombeamento nominal é de 90 l/s. Esse sistema está montado na bancada 1.

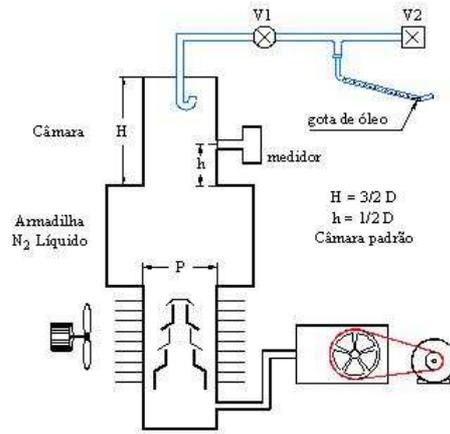


Figura 6: Desenho esquemático do sistema de vácuo utilizado para a medida da velocidade de bombeamento de uma bomba difusora com e sem armadilha de nitrogênio líquido.

A velocidade de bombeamento é dada por

$$S(P) = \frac{P_{atm}}{P} \times \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

onde P_{atm} é a pressão atmosférica e P a pressão do sistema. A faixa de pressão a ser investigada deve ser de 10^{-3} torr $< P < 10^{-6}$ torr. Lembre-se de considerar a contribuição da pressão residual. As medidas em pressões mais altas ($> 10^{-3}$ torr) devem ser feitas com muito cuidado. A pressão atmosférica pode ser medida no laboratório didático.

5. Calcular a condutância da armadilha de nitrogênio líquido.

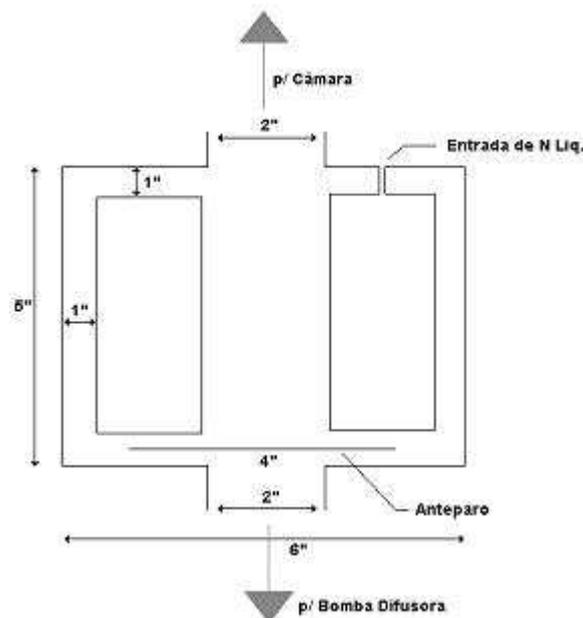


Figura 7: Desenho esquemático da armadilha de nitrogênio líquido.

Experiência 6

Nesta experiência serão determinadas as condutâncias de tubos de diâmetros diferentes em função da diferença de pressão entre seus extremos.

Preparação

1. Identificar todos os componentes do sistema de vácuo: bombas, medidores, válvulas, tubos, pipeta graduada e recipiente com óleo.
2. Ligar a bomba mecânica mantendo a válvula V1 fechada, deixando apenas a válvula V2 aberta (ver figura).
3. Verificar se os medidores estão funcionando adequadamente e se não existem vazamentos no seu sistema de vácuo.

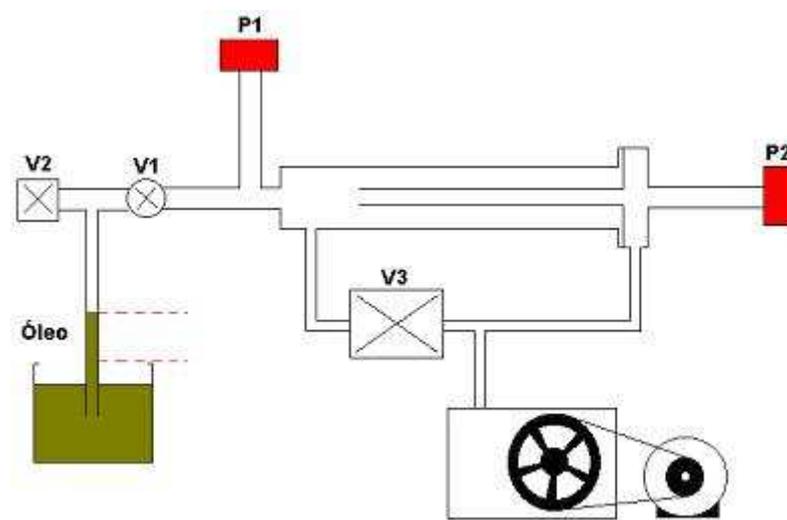


Figura 8: Desenho esquemático do sistema para medição da condutância de tubos. V1, V2 e V3 são respectivamente válvulas de agulha, a Hoke e gaveta.

Tomada de dados

1. Após o sistema atingir o equilíbrio, iniciar as medidas da condutância de tubos utilizando o método da pipeta.
2. Variar a pressão no sistema produzindo um pequeno vazamento com auxílio da válvula agulha (V1), mantendo sempre a válvula Hoke (V2) aberta. Mantenha a válvula gaveta (V3) fechada durante as suas medidas.
3. Fechar a válvula V2 e anotar as pressões lidas nos medidores (P1 e P2), o volume da coluna de óleo (ΔV) e o tempo de subida deste (Δt). Abrir imediatamente a válvula V2 depois de efetuada a medida para evitar que o óleo contamine o sistema. Manuseie as válvulas V1 e V2 com muito cuidado pois o sistema não é fixo.

O fluxo de massa (Q) é dado por

$$Q = C_{exp}(P_1 - P_2) \approx \frac{\Delta V}{\Delta t} \times P_{atm}$$

sendo P_1 e P_2 as pressões nos extremos do tubo. A condutância do tubo é então dada por

$$C_{exp} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \times \frac{P_{atm}}{P_1 - P_2}$$

4. Abrir lentamente a válvula V1 até atingir um novo ponto de equilíbrio e fazer nova leitura.
5. Repetir o procedimento até cobrir uma faixa de pressão entre 0.01 e 0.8 torr.
6. Devem ser feitas medidas da condutância para os 3 tubos disponíveis: $\Phi = 4$ mm, 6 mm e 5/16". Lembre-se de considerar a contribuição da pressão residual.
7. Determinar C_{exp} em função da pressão média $\frac{P_1+P_2}{2}$ e comparar com cálculos teóricos.