



## LOM3228 – Métodos Experimentais da Física I (1º semestre de 2019)

### LABORATÓRIO 4 CRIOSTATOS DE PESQUISA: DETERMINAÇÃO TEÓRICA E EXPERIMENTAL DA TAXA DE EVAPORAÇÃO DE CRIOGÊNICOS

Um CRIOSTATO DE PESQUISA é um recipiente construído para receber LÍQUIDOS CRIOGÊNICOS, geralmente, nitrogênio líquido e hélio líquido. O nitrogênio líquido serve para abaixar a temperatura do criostato até 77 K, que é a temperatura de sua ebulição na pressão atmosférica, e ao mesmo tempo formar uma blindagem térmica fria para o recipiente interno, onde será colocado hélio líquido.

O ISOLAMENTO TÉRMICO é feito usando-se um sistema de regiões com ALTO-VÁCUO, da ordem de  $10^{-6}$  torr, o que minimiza o transporte de calor via gases. A transferência de calor por condução nas paredes do criostato é minimizada utilizando-se materiais de baixa condutividade térmica, que no nosso caso específico é AÇO INOXIDÁVEL 304. Devido ao exíguo espaço disponível entre paredes, não se usa superisolção entre as paredes, de modo que o mecanismo de transferência de calor por radiação é importante para este tipo de criostato.

O objetivo desta experiência é familiarizar o aluno com um criostato de pesquisa e a realização de medidas da taxa de evaporação dos líquidos criogênicos.

#### Aparato Experimental

O aparato experimental consiste de um criostato de pesquisa, tipo Janis, com uma câmara de LN<sub>2</sub>, e outra de LHe mais interna.

Esse criostato está ligado a um sistema de alto vácuo (bomba mecânica + bomba turbomolecular). A função do vácuo entre as câmaras e o ambiente é de isolamento térmico.

#### Procedimento Experimental

1. Faça vácuo nas cavidades internas do criostato (veja o desenho do criostato). Para isto proceda de acordo com o roteiro apresentado no Laboratório 1.
2. Coloque nitrogênio líquido na câmara apropriada do criostato (a mais externa com abertura para o meio ambiente), enchendo-a completamente. Tome as devidas precauções no manuseio com nitrogênio líquido, conforme discutido em aula.
3. Meça a taxa de evaporação do nitrogênio por cerca de 3 horas. Para isto utilize uma escala milimetrada ou uma régua, fixadas na parede do criostato, na região de nitrogênio líquido. Inicie com intervalos de 2 minutos, passando para intervalos de 5 minutos após a primeira hora de medição.
4. Faça um gráfico da redução do volume de LN<sub>2</sub> (evaporação) no criostato em função do tempo de medição. Este gráfico apresentará a taxa de evaporação de nitrogênio líquido. Verifique se existem regimes diferentes de evaporação. Tente encontrar o comportamento da evaporação em função do tempo, talvez ajustando a curva para uma equação ou talvez separando em diferentes regimes.



### **ORIENTAÇÕES PARA O RELATÓRIO DO EXPERIMENTO 4**

Faça o relatório seguindo as diretrizes entregues com o Roteiro para o Laboratório 1, não esquecendo de incluir:

- 1) Na **INTRODUÇÃO OU OBJETIVOS**, destaque as motivações para o estudo deste experimento, como por exemplo: entender qualitativamente e quantitativamente o manuseio e uso dos criogênicos e as evaporações dos mesmos.
- 2) No **MODELO TEÓRICO**, faça os cálculos das entradas de calor (condução sólida, radiação, condução gasosa e convecção) e apresente o gráfico teórico da taxa de evaporação de LN<sub>2</sub> em função da altura de líquido no criostato. Para os cálculos será necessário usar alguns valores da literatura: calor latente de vaporização do LN<sub>2</sub> a 1 atm, constante de condutibilidade sólida do aço inox 304, etc., todos apresentados em aula (notas de aula na página). **Faça os cálculos mostrando a entrada de calor em watts e também a massa evaporada de LN<sub>2</sub> em função do tempo e da altura do líquido no criostato.**
- 3) Na **METODOLOGIA EXPERIMENTAL**, descreva o sistema usado, criostato, sistema de vácuo, instrumentos, etc. Explique como foi preparado o sistema e como foram tomadas as medidas.
- 4) Nos **RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS**, apresente os dados experimentais em tabela e apresente o gráfico experimental da taxa de evaporação de LN<sub>2</sub> **em função da altura de líquido e do tempo**. Explique o comportamento da curva obtida no experimento desde o início até o final do período medido, indicando quais as fontes de condução de calor e porque a taxa não é constante e as razões para as diferenças encontradas entre o experimento e o cálculo teórico. **Faça hipóteses para as principais fontes de erros. Compare as medidas experimentais de taxa de evaporação, massa de LN<sub>2</sub> evaporada e de transferência de calor com os respectivos cálculos teóricos, em função do tempo e da altura de líquido.**

