

Experimento 9

SUPERFLUIDEZ DO HÉLIO

Introdução

Um dos problemas experimentais importantes em criogenia é os estudos de materiais em baixas temperaturas.

Normalmente, obtemos temperaturas abaixo da ambiente e até 4,2 K utilizando LN₂ e LHe em um criostato ou dewar, e um variador de temperatura, normalmente um suporte de amostra com um aquecedor e um termômetro, acoplados a um controlador de temperatura. Por exemplo, em nosso laboratório usamos um criostato que permite a variação controlada da temperatura da amostra. Quando queremos temperaturas abaixo de 4,2 K, a maneira mais fácil é usar a propriedade de que a temperatura de ebulição de um líquido depende da pressão a que ele está submetido. Em geral, abaixando-se a pressão abaixamos também a temperatura de ebulição. Isso pode ser usado no caso do LHe. A dependência da temperatura de ebulição do LHe com a pressão de vapor foi determinada experimentalmente e é dada na tabela I em anexo.

Como sabemos, quando abaixamos a temperatura do LHe, ele sofre uma transição de fase a 2,17 K e 37,80 rnmHg para uma fase superfluida, em que a condutividade térmica do fluido é muito alta e sua viscosidade é zero. Nessas condições, o LHe, que normalmente mostra muitas bolhas, deixa de fazê-lo, pois todo o calor é conduzido imediatamente para as paredes do recipiente que contém o LHe, eliminando as bolhas. A evaporação do He superfluido se dá ao longo das paredes do recipiente que o contém, pois ele forma um filme que "escala" essas paredes até encontrar uma região de temperatura alta o suficiente para evaporar. O desaparecimento brusco das bolhas de evaporação permite a observação visual da transição normal-superfluido.

Neste experimento temos como objetivo observar a transição de fase normal-superfluido para o He. Temos como segundo objetivo observar a dependência com a temperatura da reestência elétrica de um supercondutor não-convenional à base de Fe_x BaFe_{2-x}Co_xAs₂ que tipicamente, apresenta uma transição magnética, com $T_{sdw} \sim 50-150$ K e uma transição supercondutora, $T_c \sim 5-30$, dependendo do valor de x . Também mediremos a taxa de evaporação do LHe no criostato.

Aparato Experimental

Nosso equipamento de medida (ver experimento anterior) é relativamente complexo e deve ser manipulado com muito cuidado, sempre com a assistência do professor ou do auxiliar. Em particular, nunca faça uma ação se você está inseguro a respeito dos efeitos dela.

Siga sempre a regra: na dúvida, não faça, pergunte. O aparato que vamos usar consiste de um criostato de pesquisa óptico tipo Varitemp, com a câmara de LHe ligada à câmara de amostra através de um capilar controlado por uma válvula agulha. Esse criostato está ligado a um sistema de alto vácuo, para o isolamento térmico das suas diversas câmaras; está ligado também a uma "árvore" de válvulas que o conecta à linha de recuperação de He. No nosso caso, essa árvore está também ligada a uma possante bomba mecânica, de alta vazão, que é usada para bombear o LHe, e a um manômetro em U de mercúrio, que permite medir a pressão de vapor do LHe em relação à pressão atmosférica, que em Campinas pode ser tomada como 715 mmHg. As válvulas estão dispostas de modo que se pode isolar a câmara de amostra do Varitemp da linha de recuperação

de He e conectá-la à bomba mecânica, de modo a abaixar a pressão de vapor do LHe. Uma válvula agulha permite a regulagem fina do bombeamento.

Neste experimento o grupo deverá medir também a taxa de evaporação de hélio. Após o preenchimento da camisa de nitrogênio e da transferência de hélio, meça o nível do hélio usando o provador, que é um tubo fino de aço inox que termina em uma peça cônica fechada com uma membrana de borracha, e que vibra em consonância com vibrações termo-acústicas típicas de hélio líquido gasoso em temperaturas muito próximo à de ebulição (leia artigo em anexo). Como o gás tem freqüência dessas oscilações termo-acústicas diferente da do hélio, esse dispositivo simples permite medir o nível de hélio dentro do criostato. Deve-se então construir uma tabela de altitude do líquido em função do tempo. O criostato deve ser medido, de modo que se tenham as suas dimensões importantes. Em seguida, deve-se fazer uma estimativa dos diversos fluxos de calor pelos diferentes mecanismos, e com essa estimativa, deve-se estimar qual é a taxa de evaporação esperada, e comparar com a taxa medida experimentalmente. Veja o experimento sobre o criostato e compare os dois resultados.

Procedimento

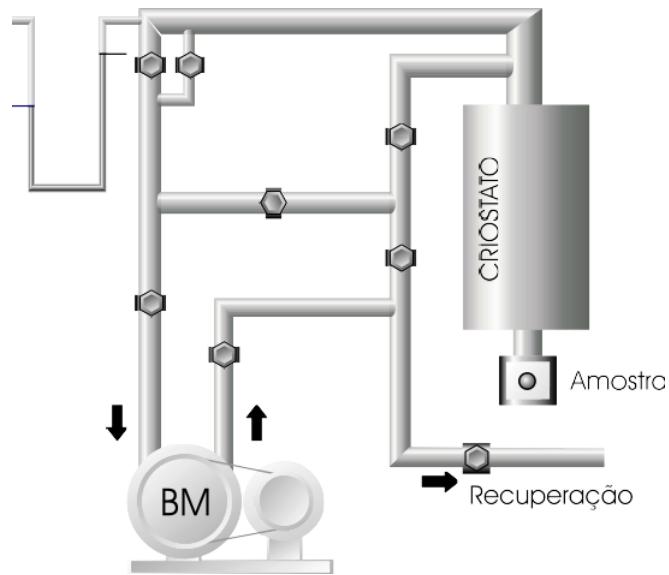


Figura 1: Montagem Experimental.

a) Superfluidez

Como primeiro objetivo do experimento, observaremos a transição normal-superfluido. Para isso, faremos a transferência de LHe. Em seguida, a câmara de He será pressurizada, fechando-se a válvula que liga à linha de recuperação de He, e encheremos a câmara de amostra com LHe. Esse He poderá ser observado através da janela óptica. Quando essa câmara estiver cheia, a câmara de He será despressurizada, e a câmara de amostra será bombeada. Os alunos deverão observar a janela óptica, iluminando-a com uma lanterna, para poder enxergar o momento da transição de fase.

b) Taxa de evaporação de hélio líquido

Neste experimento o grupo deverá medir também a taxa de evaporação de hélio. Após o preenchimento da camisa de nitrogênio e da transferência de hélio, meça o nível do hélio usando o provador, que é um tubo fino de aço inox que termina em uma peça cônica fechada com uma membrana de borracha, e que vibra em consonância com vibrações termo-acústicas típicas de hélio líquido gasoso em temperaturas muito próximo à de ebulação (leia artigo em anexo). Como o gás tem frequência dessas oscilações termo-acústicas diferente da do hélio, esse dispositivo simples permite medir o nível de hélio dentro do criostato. Deve-se então construir uma tabela de altura do líquido em função do tempo. O criostato deve ser medido, de modo que se tenham as suas dimensões importantes. Em seguida, deve-se fazer uma estimativa dos diversos fluxos de calor pelos diferentes mecanismos, e com essa estimativa, deve-se estimar qual é a taxa de evaporação esperada, e comparar com a taxa medida experimentalmente.

Veja o experimento sobre o criostato e compare os dois resultados.

c) Medida de supercondutividade de um supercondutor não-convencional

Realize medidas da resistência de um monocrystal de $\text{BaFe}_{2-x}\text{Co}_x\text{As}_2$. Faça o gráfico da resistência em função da temperatura e determine, se possível, determine os valores da transição magnética, T_{sdw} , de transição supercondutora, T_c com as suas incertezas. Com base nestes valores faça uma pesquisa na literatura científica e encontre o valor de x com a sua incerteza.

Literatura: *Cryogenics, Michael McClinton*
Advanced Cryogenics, C. A. Bailey
Cryogenics Fundamentals, G. G. Haselden
Cryogenics – Research and Applications, Marshall Sittig
Artigo: J. Gaffney and J.R. Clement, "Liquid Helium Level-finder", Review of Scientific Instruments, 26 (6) 620 (1955)

RELATÓRIO (seguir o modelo)

Resumo

I – Introdução – Destaque os objetivos e a motivação para o estudo do experimento

II – Descrição do procedimento – descreva detalhadamente como o experimento foi realizado. Descreva o dispositivo e o procedimento usado para a medida do nível do Hélio usando o efeito thermo-acústico.

III - Resultados – descreva os resultados obtidos.

IV - Discussão

- a) Discuta os resultados obtidos e descreva as características básicas de Hélio superfluido.
- b) Descreva os procedimentos convencionais para se obter temperaturas baixas para várias faixas, desde pequenos valores, como em geladeiras domésticas, até temperaturas da ordem de mK, usando desmagnetização adiabática e refrigerador de diluição (que utiliza variações

na entropia).

- c) Faça uma estimativa teórica da taxa de evaporação e compare com as medidas experimentais. Explique as origens das diferenças obtidas. Justifique as aproximações usadas. Utilize as equações constantes da apostilha de criogenia. O criostato deve ser medido de modo que se tenham todas as suas dimensões importantes para este cálculo. Compare o resultado deste experimento com hélio do experimento realizado com nitrogênio.
- d) Apresente o gráfico da resistência em função da temperatura do $\text{BaFe}_{2-x}\text{Co}_x\text{As}_2$ e os valores de, T_{sdw} , T_c e x com suas incertezas. Cite as referências que uso para encontrar o valor e x e descreva como estimou sua incerteza.

V – Conclusão

VI - Referências