

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 abaxamos 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 abaxamos a temperatura do LHe, ele sofre uma transição de fase a 2,17 K e 37,80 mmHg 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 resistência elétrica de um supercondutor não-convencional à base de Fe, $\text{BaFe}_{2-x}\text{Co}_x\text{As}_2$ que tipicamente, apresenta uma transição magnética, com $T_{sdw} \sim 50\text{-}150$ K e uma transição supercondutora, $T_c \sim 5\text{-}30$, 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 potente 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 regulação 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 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.

Procedimento

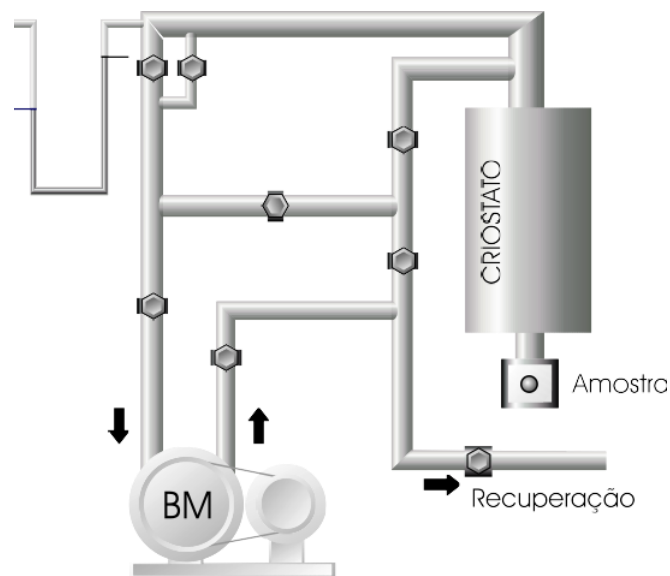


Figura 1: Montagem Experimental.

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 a 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 ebulição (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 do um supercondutor não-convencional

Realize medidas da resistência de um monocristal de $\text{BaFe}_{2-x}\text{Co}_x\text{As}_2$. Faça o gráfico da resistência em função da temperatura e determine, se possível, 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 McClintock

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 termo-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 as suas incertezas. Cite as referências que uso para encontrar o valor e x e descreva como estimou sua incerteza.

V – Conclusão

VI - Referências