

T10: Supercondutividade

Aluno: Leonardo Ferreira

PL2

Nº Matrícula: 201909728

→ Introdução teórica Supercondutividade

H. Kamerlingh Onnes em 1911 enquanto estudava a resistência elétrica de uma amostra de mercúrio em função da temperatura descobriu o fenômeno da supercondutividade quando a resistência do mercúrio caía excessivamente para valores de temperatura inferiores a 4 Kelvin.

Hoje em dia, após várias estudos, sabemos que elementos químicos puros tem temperaturas críticas, temperatura a partir da qual se dá o fenômeno da supercondutividade, inferiores a 20 Kelvin e ~~se~~ começaram a criar compostos cerâmicos cuja temperatura crítica é mais elevada e que tornam este fenômeno acessível em laboratório.

Propriedades dos supercondutores

A presença de um supercondutor num campo magnético é relevante na manifestação da supercondutividade. A uma temperatura $T < T_c$ se colocarmos a amostra sobre um campo magnético $B_c(T)$ em supercondução esta perde as suas propriedades supercondutoras.

$$B_c(T) = B_0 \left(1 - \left(\frac{T}{T_c} \right)^2 \right) \quad \text{onde } B_0 \text{ é o valor crítico do campo crítico}$$

Efeito Meissner

Ao resolver as equações de Maxwell para um condutor perfeito que se encontra sujeito a um campo magnético encerramos o seguinte resultado

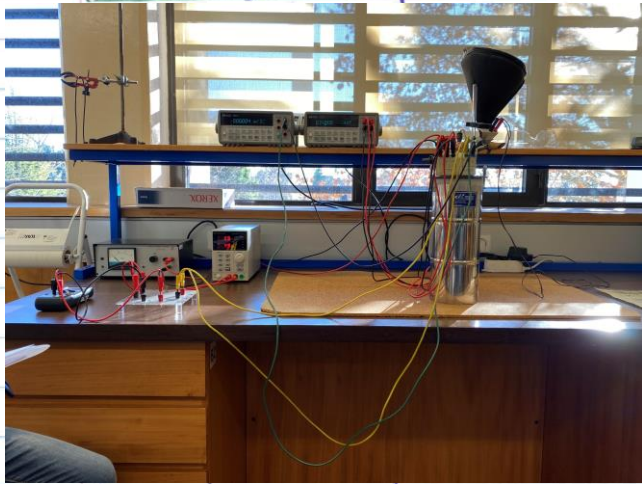
$$\vec{B}(z) = \vec{B}(0) e^{-\frac{z}{\lambda}} \quad \text{onde } z \text{ é a distância da penetração}$$

Como o derivado do campo tende exponencialmente para 0 implica que o campo interno é constante segundo as equações de Maxwell, contudo Meissner e Ochsenfeld surpreenderam a comunidade científica em 1933 ao demonstrar experimentalmente que o campo magnético interno não só é constante como também é nulo. Esta descoberta ficou conhecida como o Efeito Meissner.

→ Objetivos

- Introdução à manipulação de azoto líquido
- Visualizar a curva característica de um supercondutor
- Cálculo de um T_c experimental de BiPbSrCaCuO
- Perceber as vantagens e utilidade do fenômeno de supercondutividade nos dias de hoje

→ Montagem experimental



Ação de expansão do gás é de 1-694!!!

- Fonte de alimentação para produzir a corrente de amostra
- Amperímetro
- Resistência de proteção (comercial, 100- Ω a 1K Ω)
- Voltímetro digital para medida da tensão no gás
- Termômetro de platina
- Ohmímetro para medida da resistência do termômetro de platina
- Tabela de calibração do termômetro
- Câmara experimental
- Garrafa "thermos" com gás líquido
- Fonte de alimentação do aquecedor

→ Análise de Resultados

A experiência consistiu em aquecer a nossa amostra de BiPbSrCaCuO transferindo-a para o gás líquido e após a amostra aquecer para além de T_c é disponibilizado um aquecedor para manipular a temperatura conforme necessário. Ao longo do trajeto e da manipulação é medida a tensão e a resistência na amostra mantendo a corrente constante ~~52,2 mA~~ $I = 52,2 \pm 0,01 \text{ mA}$ de modo a se visualizar a curva característica do supercondutividade.

O protocolo sugere a utilização de uma interpolação linear com dois pontos da tabela disponibilizada para fazer a conversão de resistência para temperatura, contudo esta tabela tem vários valores alterados / corrigidos até ao modo a ter mais confiança foi feita um ajuste dos dados da tabela que por si só não definiu nada.

~~Após~~

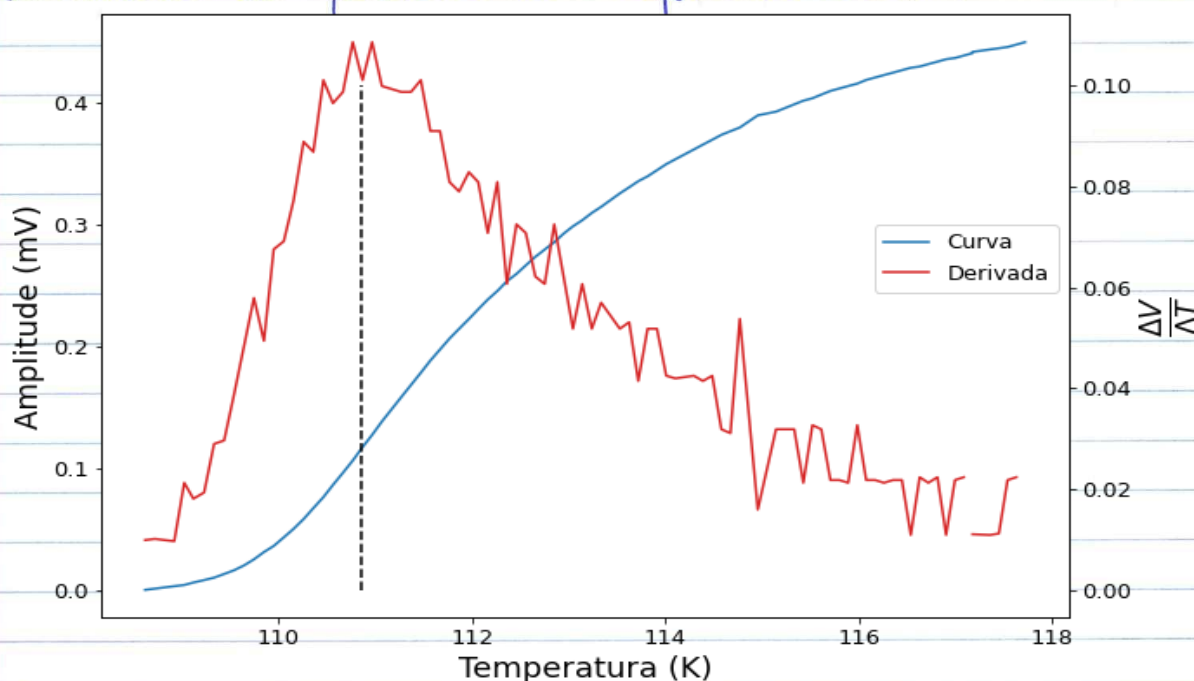
A função $T(R)$ definida e utilizado na conversão foi:

$$T(R) = mR + b$$

$$m = 2.355 \pm 0,005$$

$$b = 29,8 \pm 0,2$$

Podemos agora uma vez definido $T(R)$ traçar a curva $V(T)$ característica do fenómeno de supercondutividade:



Através da curva azul no gráfico conseguimos ver que a resistência de uma amostra condutora não é linear com o coeficiente mas em torno de um valor T_c esta cai abruptamente.

Obtemos T_c olhando para o ponto T cuja derivada é máxima, infelizmente o recolhe de dados é processo diserto e neste caso temos dois pontos com derivada máxima com igual valor, o desvio entre os pontos excede o valor da incerteza calculada e portanto a incerteza devida à precisão do dreno e o valor T_c é a média de ambos:

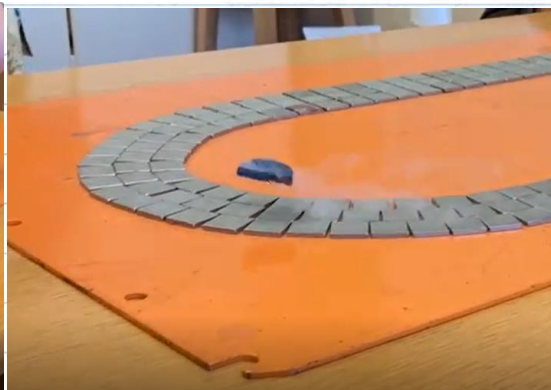
$$T_c = 110.8 \pm 0,2 \text{ K}$$

O valor tabelado de temperatura crítica da mesma amostra é $T_{c, \text{tab}} = 108 \text{ K}$

$$\text{erro}(\%) = \frac{110.8 - 108.0}{108} \times 100 = 2.6\%$$

Também foi realizado uma segunda experiência esta que consistia ~~uma supercondutora que tentava~~ na visualização de um supercondutor o levita sobre uma plataforma em forma de "0" de imãs.

Verificou-se que ~~o~~ o supercondutor estava bastante estável e em posição de equilíbrio estável, ao refi, ~~se~~ teve a oportunidade de tentar "empurrar" o supercondutor para fora dos "conos" de imãs e verifiquei que ele ~~sempre~~ a amostra se opunha ~~com bastante~~ significante. ~~Em~~ Em baixo estão três fotografias sucessivas da amostra supercondutora a ser deslocada ao longo dos cones e a seguir retornando ao invés de sair deslocando em linha reta para fora dos cones.



→ Discussão de Resultados e Conclusão

Ao longo do recall de dados na primeira experiência verificou-se que era impossível o recall de dados imediatamente, a variação de temperatura era demasiado rápida tendo o grupo então optado por gravar um vídeo dos dados e apenas visualizar o mesmo posteriormente.

Obteve-se um valor de temperatura crítica para a amostra BiPbSrCaCuO de $T_c = 110.8 \pm 0.2 \text{ K}$ com um erro associado de 2.6% e uma incerteza percentual de 0.2% relativamente ao valor referência $T_{c,ref} = 108 \text{ K}$ fornecido pelo protocolo.

Na experiência extra o motivo pelo qual vemos a amostra supercondutora o levitar é devido ao efeito Meissner, na presença de um campo magnético externo (imãs em forma de "0") a amostra induz um segundo campo magnético de forma a cancelar o campo interno, tudo isso devido ao motivo da levitação.

Podemos dizer que a divisão é muito ~~instável~~ instável e ao mesmo tempo estrita, ou seja, devido às trocas de calor entre a amostra e o meio ambiente quando a amostra superaquece a temperatura superior à temperatura entre esta simplesmente cai a mesma e por volta da unidade tentamos de volta o aquecer a amostra, contudo, não conseguimos fazer de manter a amostra permanentemente uma temperatura supercondutora visamos que a estabilidade do sistema é menor, a resistência da amostra ao ser empurrado para fora dos contos é apreciável e é algo simplesmente surpreendente.

→ Amoxos



Figure 1: Visualização do vapor de água quando este entra em contato com as baixas temperaturas do objeto



Figure 2: transição do objeto líquido do termostato para a câmara com vácuo a ser feita com o máximo de cuidado.