Física Moderna II
Supercondutividade

Eric Y. Takiy - 6434669
Hélio J. Shimozako - 3292833
Vinícius O. dos Santos - 6434499

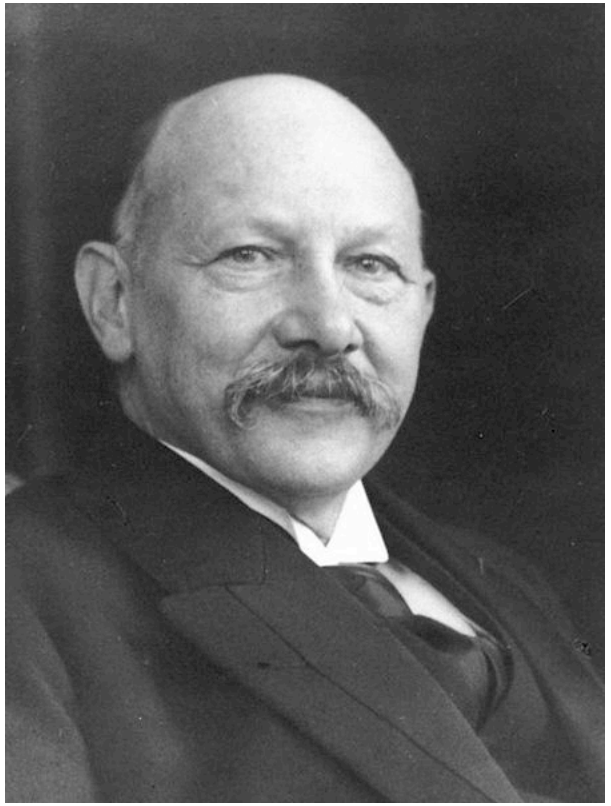
Apresentação do Tópico 10
21.05.2012

Roteiro

- Introdução
- Definição
- Aspectos Físicos
  - Efeito Meissner
  - Pares de Cooper e Teoria BCS
- Aplicações

Introdução

- 1911: Heike K. Onnes observa pela primeira vez o fenômeno de supercondutividade.

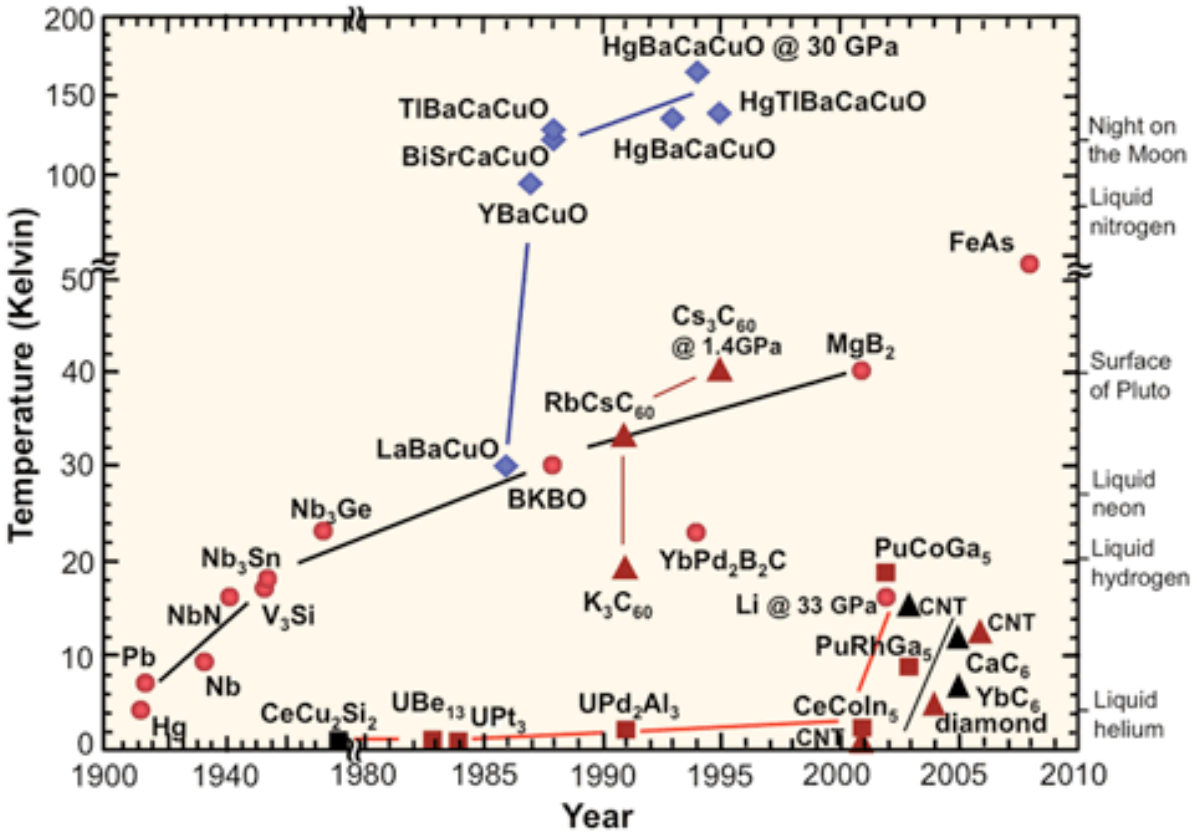


Introdução

- Desde sua descoberta em 1911, o estudo da supercondutividade e assuntos relacionados rendeu 5 Prêmios Nobel de Física.

ano	laureados	contribuição
1913	Heike K. Onnes	propriedades da matéria em baixas temperaturas, incluindo descoberta da supercondutividade e liquefação do hélio
1972	John Bardeen, Leon Cooper, Robert Schrieffer	desenvolvimento da teoria microscópica da supercondutividade, denominada teoria BCS
1973	Brian Josephson	predição teórica do tunelamento de pares de Cooper através de uma barreira isolante entre supercondutores
	Ivar Giaver Leo Esaki	tunelamento de elétrons em supercondutores
1987	Karl Alex Müller J. Georg Bednorz	descoberta da supercondutividade de alta temperatura crítica num cuprato de lantânio e bário
2003	Vitaly Ginzburg	desenvolvimento da teoria fenomenológica da supercondutividade
	Alexei A. Abrikosov	teoria dos supercondutores do tipo II

Cronologia dos Recordes de Tc



Definição

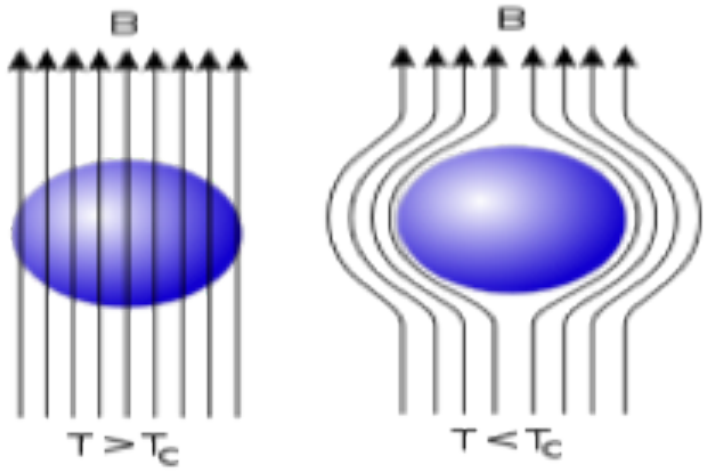
- Supercondutor
  - São materiais que perdem completamente a resistência elétrica quando estão abaixo de uma certa temperatura crítica (Tc).
  - Além disso, há também um determinando campo magnético crítico (Bc ou Hc) para o qual o supercondutor perde o estado de supercondutividade.
  - Bc é um valor que depende da temperatura.

Aspectos Físicos

- Efeito Meissner
  - $T < Tc \longrightarrow$ supercondutor expulsa todo e qualquer fluxo magnético de seu interior;
  - característica de diamagnético perfeito;
  - corrrelação entre exclusão do fluxo magnético e ausência de resistência a corrente.

Aspectos Físicos

- Efeito Meissner
  - A exclusão do fluxo explica a levitação supercondutora



Aspectos Físicos

- Efeito Isotópico
  - A temperatura crítica dos supercondutores depende da massa dos átomos componentes do material.
  - Evidencia que a supercondutividade está ligada às vibrações da rede cristalina e a interação com os elétrons.

Aspectos Físicos

- Teoria BCS
  - elegante teoria microscópica proposta por Bardeen, Cooper e Schrieffer em 1957
  - descreve a supercondutividade como um efeito microscópico devido a condensação dos pares de Cooper.

Aspectos Físicos

- Pares de Cooper
  - A baixas temperaturas, vibrações atômicas incoerentes são minimizadas, e as deformações da rede cristalina (interações elétron-fónon) permitem a atração entre dois elétrons.
  - Os elétrons pareados têm momentos lineares iguais em módulo (mas opostos em sentido), e spins antiparalelos.
  - Vários pares podem estar sobrepostos, dada a "grande distância" entre elétrons pareados.
  - Os pares formados são considerados bósons, portanto, não se aplicam ao teorema de exclusão de Pauli e podem ocupar o mesmo estado quântico, formando um condensado de partículas.

Aspectos Físicos

- Teoria BCS
  - Tem como princípio diminuir a temperatura do material para diminuir as vibrações dos átomos do cristal e permitir o fluxo sem dificuldades dos elétrons pelo material, produzindo assim a supercondutividade.

Aspectos Físicos

- Teoria BCS
  - Ocorre a formação de pares de elétrons, conhecidos como pares de Cooper, através de interações com oscilações da rede cristalina. Neste caso, apesar de elétrons serem Férmions e obedecerem ao princípio de exclusão de Pauli, eles se comportam como Bósons e, dessa forma, eles podem se condensar em um mesmo nível de energia.

Aspectos Físicos

- Teoria BCS
  - Analogia: os pares de Cooper podem ser comparados a duas bolas de boliche nas bordas de um colchão de água. Conforme alguém empurra uma das bolas, o colchão se deforma e a deformação atrai a segunda bola.

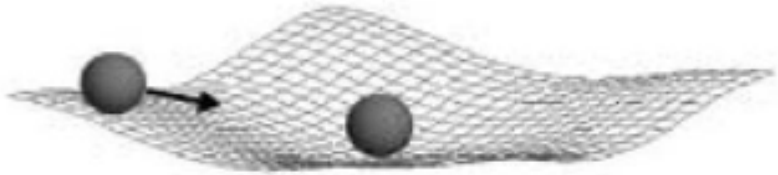


Figura 6. Representação da atração entre elétrons na formação dos pares de Cooper. Assim como uma bola de boliche é atraída por outra que está rolando ao meio de um colchão de água, como pode ser visto na figura, um elétron é atraído pela deformação na rede cristalina provocada por outro elétron com spin e momento contrários (figura adaptada do artigo original de Ostermann *et al.*[5]).

Aplicações

- Divididas em dois grupos:
  - grande escala
  - pequena escala

Aplicações

- Grande escala:
  - fios, magnetos, motores, etc.
  - fios supercondutores para correntes da ordem de 1000 A
  - área hospitalar - ressonância nuclear magnética
  - transportes - levitação magnética (trem MAGLEV)

Aplicações

- Pequena escala:
  - componentes eletrônicos em geral, filtros, antenas, detectores, geradores de microondas, etc.
  - dispositivos baseados em filmes finos
  - integração a circuitos eletrônicos e a computadores

Aplicações

- Dificuldades de implantação:
  - alto custo e complexidade no processo de resfriamento
- Busca por materiais com Tc maiores:
  - recorde atual: $HgBa_2Ca_2Cu_3O_x$ (Tc = 135 - 164K)
  - grande potencial: diboreto de magnésio MgB_2 (Tc = 39K)

Referências

- Branício PS. - *Introdução à Supercondutividade, suas aplicações e a mini-revolução provocada pela redescoberta do MgB_2: uma abordagem didática*. Rev. Bras. Ens. Física. 23 (4): 381 – 90. 2001.
- Eisberg R, Resnick R. Física Quântica - *Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas*. Rio de Janeiro: Elseivier, 1979.
- Ostermann F, Pureur P. *Supercondutividade*. São Paulo: Editora Livraria da Física: Sociedade Brasileira de Física, 2005.

Referências

- site - emergentuniverse.org
- vídeo - Superconductivity Dance Flash Mob http://www.youtube.com/watch?v=O6sukIs0ozk