



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA - 2019

A Teoria Microscópica BCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer) e os resultados da Eletrodinâmica de London

Edine Silva dos Santos¹; Franz A. Farias²

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando Física, Universidade Estadual de Feira de Santana,
edinesilva@live.com
2. Orientador, DEFIS Universidade Estadual de Feira de Santana,
franz.farias@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Eletrodinâmica de London, Teoria BCS, Pares de Cooper..

INTRODUÇÃO

A Teoria de J. Bardeen, L. Cooper e R. Schrieffer, ou apenas Teoria BCS, publicada em 1957 foi decisiva para a compreensão microscópica do fenômeno da supercondutividade do tipo 1 em metais. Desde o seu descobrimento em 1911 por Kamerling-Onnes diversos físicos trabalharam na tentativa de criar uma teoria que desse conta do fenômeno, muitos sem sucesso, outras com contribuições importantes como o trabalho dos irmãos Fritz e Heinz London em 1934, que chegou a um poderoso resultado, o chamado comprimento de penetração de London, λ , que mede a penetração do campo magnético na superfície do material, além de dar conta do efeito Meissner, do comportamento diamagnético e da resistividade nula. Outra teoria notável é a de Ginzburg- Landau em 1950 que traz, dentre outras coisas, o parâmetro ordem para transição de fase. Importante salientar que essas duas são teorias fenomenológicas. Este trabalho pretende mostrar que a Teoria BCS trás as equações de London a partir de primeiros princípios, dando conta de explicar as propriedades supracitadas e tantas outras, as quais serão abordadas durante o desenvolvimento do trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

Para obter a descrição da eletrodinâmica dos supercondutores a partir da teoria BCS, foram necessários estudos das propriedades do supercondutor e o entendimento dos pares de Cooper, passo fulcral para o desenvolvimento do hamiltoniano BCS. Durante toda a vigência da iniciação científica foram apresentados seminários regulares abertos ao público junto ao grupo Física no Campus com a colaboração de colegas e professores, a fim de expor os progressos e esclarecer algumas dúvidas que pudessem surgir no decorrer do trabalho.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

Como tentativa bem sucedida para descrever a eletrodinâmica do supercondutor, (London, 1935) com base na teoria dos dois fluidos, os irmãos London assumiram que se o material é um condutor perfeito as cargas são livremente aceleradas quando submetidas a um campo elétrico, chegando a:

$$\frac{d\vec{J}_s}{dt} = \frac{n_s e^{*2}}{m^*} \vec{E},$$

Conhecida como a primeira equação de London que dá conta da propriedade da resistividade nula do supercondutor, e mostra que ainda que o campo seja nulo, a densidade de corrente se mantém constante, derivando dessa equação e em conjunto com as equações de Maxwell, chegasse a:

$$\nabla \times \vec{J} + \frac{n_s \mu_0 e^{*2}}{m^*} \vec{B} = 0,$$

que é a segunda equação de London, essa importante equação é responsável por distinguir o supercondutor de um condutor perfeito, a solução dessa equação nos leva a:

$$\lambda_L = \left(\frac{n_s \mu_0 e^{*2}}{m^*} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Conhecido como comprimento de penetração de London.

Anos depois Cooper propôs a existência de uma interação atrativa entre os elétrons, os chamados pares de Cooper.

Podemos escrever a equação de Schrodinger para um par de Cooper (Poole, 2014):

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m} (\nabla_1^2 + \nabla_2^2) + V(r_1 - r_2) \right) \Psi(r_1, r_2) = (E + 2Ef) \Psi(r_1, r_2)$$

Reescrevendo em termos das coordenadas relativas ao centro de massa e a distância, a equação diferencial pode ser resolvida pelo método de variáveis separáveis. A equação em termos da distância relativa é dada por:

$$\frac{2\hbar^2}{2m} \nabla_r^2 \psi(r) + V(r) \psi(r) = \beta \psi(r)$$

Não é possível resolver a equação diferencial acima, uma vez não conhecemos o potencial $V(r)$, contudo, é possível através da transformada de Fourier reescrevê-la no espaço do momento.

$$-\frac{\hbar^2 k^2}{m} \psi(k') + \int V(k' - p) \psi(k') d^3 p = \beta \psi(k')$$

Para o potencial de um par de Cooper, podemos impor as condições que:

$$V(k', p) = -V_0 \rightarrow 0 \leq E_p - E_f \leq \hbar\omega_d \text{ e } 0 \leq E_p - E_f \leq \hbar\omega_d$$

$$V(k', p) = 0 \text{ fora}$$

Com essas condições é possível, portanto, determinar $\psi(k')$ e a partir daí encontrar o auto valores de energia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Apesar do objetivo final do projeto não ter sido alcançado, até o momento, obtivemos avanços importantes como o entendimento dos Pares de Cooper, fundamental para o entendimento da supercondutividade e a compreensão da eletrodinâmica de London.

Os passos subseqüentes são: obter os autovalores de energia para os pares de Cooper, compreender o parâmetro de ordem para a teoria BCS, para enfim chegar a escrita do seu hamiltoniano, o trabalho segue para que esses resultados sejam apresentados no SEMIC.

REFERÊNCIAS

LONDON, F., LONDON, H. *The Electromagnetic Equations of the Supraconductor*.

Proceedings of the Royal Society A **149**, (866)71 (1935).

COSTA, M.B.S., PAVÃO, A.C. *Supercondutividade: um século de desafios e superação*. Revista Brasileira de Ensino de Física **34**, (2) 2602 (2012).

GINSBERG, D. M, *The impact of the theory of superconductivity*. Journal of Superconductivity **04**, (1991).

ASHCROFT, N. W., MERMIN, N. D. *Solid States Physics*. Cengage Learning, (1976)

POOLE, C. P., PROZOROV, R., FARACH, H. A. *Superconductivity*, Elsevier (2014)