

KATIHAL FİZİĞİ 2-FİZ 410

Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi
Fizik Bölümü

SÜPERİLETKENLER

12. hafta

Süperiletkenliğin Makroskopik Teorisi

- 1. London Denklemleri**
- 2. Ginzburg-Landau Teorisi**
- 3. BCS Teorisi**

London Denklemleri

London Teorisi, süperiletkenliğin elektrodinamik özelliklerini açıklayan ilk teori olarak 1935 yılında London kardeşler tarafından ortaya konulmuştur. Bir süperiletken etrafında ve içinde elektromanyetik alanları dışarıdan uygulanan manyetik alanla indüklenen süper akımları ilişkilendirir. Bu denklemlerin en büyük başarısı fenomenolojik olmasına karşın Meissner etkisini açıklayabilmeleridir. Bu model iki akışkan modeli olarak da bilinir.

London Denklemleri

London kardeşler, Maxwell denklemlerini başlangıç olarak kabul edip, Ohm yasasını zamana bağlı kabul ederek London denklemlerini öne sürmüşlerdir(London ve London 1935).

$$E = \frac{\alpha \partial v}{\partial t}, \alpha = \frac{m}{n_s e^2}$$

Özdirenç olmadığı zaman bir elektrik alanının varlığında serbest elektron için hareket denklemi;

London Denklemleri

$$m \frac{dv}{dt} = -e\mathbf{E}; \quad \text{Klasik olarak } \mathbf{j}_s = -n_s e v_s$$

Bağıntısı kullanılarak 1. London denklemi bulunabilir.

$$E = \frac{m}{n_s e^2} \frac{\partial j_s}{\partial t} \quad \text{1. London denklemi}$$

Bu denklemin iki tarafında rotasyoneli alınır

London Denklemleri

$$\nabla \times E = \frac{m}{n_s e^2} \frac{\partial}{\partial t} \nabla \times j_s$$

$$\nabla \times j_s = \frac{n_s e^2}{m} B \quad \text{2. London denklemi}$$

$$\lambda_L = \left(\frac{m}{\mu_0 n_s e^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad \text{London sızma derinliği}$$

Ginzburg-Landau Teorisi

Ginzburg-Landau Teorisi, ikinci derece faz geçişlerini açıklamak için ortaya atılmış bir teoridir. Fakat daha sonra süperiletkenliği açıklayan ilk kuantum teorisi olma özelliğini kazanmıştır(Ginzburg ve Landau 1950). London teorisinde normal-süperiletken yüzeyinin işareti her zaman negatiftir, ancak yapılan deneyler bunun aksini göstermektedir. Bu anlaşmazlık Ginzburg- Landau teorisi ile ortadan kaldırılmıştır.

Ginzburg-Landau Teorisi

- $\kappa \ll 1$ olduğu zaman bu tarz süperiletkenler I. Tip;
- $\kappa \gg 1$ olduğu zaman ise II. tip süperiletkenlerdir.

$$\xi = \sqrt{\frac{\hbar^2}{2m|\alpha|}}$$

G-L Uyum Uzunluğu (2.13)

$$\lambda = \sqrt{\frac{m}{4\mu_0 e^2 \psi_0^2}}$$

G-L Sızma Derinliği (2.14)

$$\kappa = \frac{\lambda}{\xi}$$

Ginzburg-Landau Parametresi (2.15)

BCS Teorisi

Bu teori süperiletkenliğin kuantum teorisidir.

- Elektronlar arasındaki çekici bir etkileşme, taban ve uyarılmış durumlar arasında bir enerji aralığının ortaya çıkmasına yol açar. Kritik alan, ısısal özellikler ve elektromanyetik özelliklerin pek çoğu enerji aralığının sonucudur.
- Elektron-örgü-elektron etkileşmesi, gözlenen büyüklükte bir enerji aralığını ortaya koyabilir.
- Sızma ve uyum uzunlukları teorinin sonuçları olarak ortaya çıkar. Uyum uzunluğu sızma uzunluğu ile birlikte süperiletkenliği karakterize eder.

BCS Teorisi

- Süperiletken bir halkadan geçen manyetik akı kuantumlanmıştır ve etkin yük birimi e yerine $2e$ 'dir. BCS teorisinde taban durumu elektron çiftlerini öngörür, böylece, çiftlerin $2e$ yükleri cinsinden akı kuantumlanması teorisinin doğal bir sonucudur. Buradaki elektron çiftlerine **Cooper çiftleri** denir.
- Bir elementin ya da alaşımın geçiş sıcaklığını veren kriter, yörüngelerin Fermi düzeyindeki $D(E_F)$ elektron yoğunluğunu ve elektriksel dirençten bulunabilen U elektron-örgü titreşimini içine alır.