

超伝導と多体量子論

慶應義塾大学工学部物理学科 4 年
武藤悠輔

2014 年 12 月 13 日

1 はじめに

電子は一体何を考えているのだろうか。身の周りには数え切れないくらい多くの電子が隠れているが、彼らの振る舞いが直接目に見えることはほとんどない。もちろん我々は、原子が原子核と電子からできていることや、金属に電流を流したときに電子が流れていることは「知っている」。これらの事実も電子の振る舞いを理解する上では大きなヒントであるが、多くの現象を理解する上で、「純粋な」電子の振る舞いは二の次になってしまう。その一方で、電子の振る舞いを理解しなければ記述することのできない現象もある。この「電子が自己主張する」現象の代表例が超伝導である。さらに超伝導は電子の振る舞いの理解につながるだけでなく、自発的対称性の破れと Higgs 機構という現代物理学の礎となる概念をもたらした。

2 講演内容

今回の講演の大きな目的は次の 2 つの概念の導入とする。

- ・ 超伝導とその微視的理論
- ・ 自発的対称性の破れ

したがってまず最初に超伝導とその微視的な理論について説明する。具体的には基本的な超伝導を記述する BCS 理論と、超伝導状態では励起スペクトル中にエネルギーギャップが存在することの解説を行う。続いて、対称性の自発的破れという概念を例をとって説明する。ここでは大域的な対称性が自発的に破れると南部・Goldstone モードが現れること、また局所的な対称性が自発的に破れるとゲージ場が質量を得ることに触れる。そして最後に超伝導状態とは $U(1)$ ゲージ対称性が自発的に破れた状態であり、その結果として電磁場が質量を獲得し、超伝導状態を特徴付ける Meissner 効果が現れるということの説明を行う。時間が余れば自発的に破れた対称性の次元と南部・Goldstone モード個数の間に成り立つ一般的な関係や、Meissner 効果をゲージ不変に扱う手段についても触れたい。

なるべく前提知識は仮定しないものの、基本的な量子力学、統計力学と第二量子化を知っていることが望ましい。

参考文献

- [1] 中嶋貞雄：超伝導入門 (新物理学シリーズ, 培風館, 1971)
- [2] J. R. Schrieffer : Theory of Superconductivity (Advanced Books Classics, Westview Press, 1971)
- [3] 相原博昭：素粒子の物理 (東京大学出版会, 2006)