



超伝導体

~Superconductor~

理論

超伝導体とは、金属の「状態」の1つです。特定の金属を液体窒素などを用いて冷やしていくと、超伝導体に変化することが知られています。

超伝導体は、不思議な性質を数多く持っています。例えば電気抵抗が0になる超伝導性や、展示の超伝導リニアを可能にしているマイスナー効果、ピン止め効果などです（マイスナー効果、ピン止め効果については「超伝導リニア」のポスターをご覧ください）。

実は超伝導現象は、既存の電磁気の理論（マクスウェル方程式）では説明ができませんでした。ここではそれを見ていきましょう。

まず、 $j = \sigma E$ がオームの法則により成り立ちます。ここで j は電流密度、 σ は電気伝導度、 E は電場を表します。超伝導体内部では電気抵抗が0なので、 σ は無限大に発散します。電流密度は有限の値をとるので、 E は0である必要があります。すなわち、超伝導体内部では常に電場が0となります。ここでマクスウェル方程式の1式である

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

を考えます（ B は磁場を表します）左辺が0であることから、磁場の時間変化は0となります。このことから、磁場をかけた状態で金属を冷やして超伝導体になると、その後は超伝導体内部の磁場は保たれ続ける、ということを表しています。しかし、これは実験事実であるマイスナー効果と矛盾してしまいます。

こうして、超伝導体を説明できる新しい理論を考えなくてはいけなくなりました。そして今では、BCS理論と呼ばれる理論によって超伝導現象は説明されているのです。

参考文献

・丹羽雅昭, 超伝導の基礎, 東京電機大学出版局, 2009, p. 5-7.