

Effective mass and field-reinforced superconductivity in uranium compounds

著者: Vladimir P. Mineev ランダウ理論物理学研究所

アブスト

周波数依存する磁化率によって記述される磁気揺らぎを介した電子-電子相互作用に基づき、ウラン化合物における強結合超伝導性の理論を構築した。電子の有効質量の磁場依存性は、磁化率の成分の磁場依存性を通じて表される。三重項ペアの強度、超伝導状態への遷移の臨界温度も、磁場依存する磁化率によって決定される。結果は、強磁性ウラン化合物URhGeおよびUCoGe、さらには最近発見されたUTe2の特性と関連して議論される。

問題意識

- UTe2は常磁性体。b軸に沿った磁場内でのScは34.5Tまで続き、その後メタ磁性で破壊される。更に有効質量は磁性転移に近づくにつれて増強される。URuGeやUCoGeに対しても、有効質量の磁場依存性がみられる。
- ウラン系超伝導体のペアリング相互作用の物理が電子フォノン相互作用で記述されるとしたら、繰り込み因子が磁場依存パラメータを持つのはなぜか。
- 電子の有効質量の増加、リエントラント、NMR緩和率や磁化率の増大には何かの関連があるのではないか。

目的

- 解析計算がメイン。詳細は別途ノートにて行う。

まとめ(結果)

- 磁気揺らぎ媒介のペアリング相互作用を考えると、有効質量の磁場依存性が得られる。最終的な結果は

$$1 - Z = -\frac{N_{0+} + N_{0-}}{2} g^2 \chi_{ii}(H, T)$$

$$Z_j = \frac{N_{0+} - N_{0-}}{2} g^2 [2\chi_{ij}(H, T)\hat{v}_i - \chi_{ii}(H, T)\hat{v}_j]$$

- 臨界温度は

$$T_c = \omega_0 \exp\left(-\frac{1}{\Lambda}\right),$$

である。ここで

$$\Lambda = \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda_{\uparrow}}{1 + \lambda_+} + \frac{\lambda_{\downarrow}}{1 + \lambda_-} \right) + \frac{1}{4} \left(\frac{\lambda_{\uparrow}}{1 + \lambda_+} - \frac{\lambda_{\downarrow}}{1 + \lambda_-} \right)^2 + \frac{\lambda_{\uparrow\downarrow}\lambda_{\downarrow\uparrow}}{(1 + \lambda_+)(1 + \lambda_-)}.$$

- 軌道効果を考慮するとURuGeやUCoGeに対してはリエントラントが説明できる。UTe2は厳しめ。

感想

本理論にはいくつか改良の余地があると思った。例えば

- UTe₂のリエントラントに対して有効ではない
- μ_B のテンソル性を無視していること
- 煩雑と言って避けている計算がいくつかある

また磁気揺らぎをペアリングののりとして取り入れている論文は結構あったと記憶しているが、解析的アプローチは初めて見た。条件がやや簡約化される弱点はありそうだが、強力だと思う。