

Nature of the spin resonance mode in CeCoIn5

著者 : Yu Song, Weiyi Wang, John S. Van Dyke, Naveen Pouse, Sheng Ran, Duygu Yazici, A. Schneidewind, Petr Čermák, Y. Qiu, M. B. Maple, Dirk K. Morr & Pengcheng Dai

アブストの翻訳

スピンゆらぎを媒介とする非従来型超伝導は、磁性の境界付近で発現することがあり、その超伝導秩序パラメータは運動量空間で符号を変える特徴を持つ。このような符号変化を検出することは実験的に困難であり、大半の測定手法は位相に敏感ではない。特に、非弾性中性子散乱によるスピン共鳴モード（SRM）の観測は、SRMがスピン励起子の束縛状態であると仮定することで、符号変化を伴う超伝導秩序パラメータの有力な位相感受性の証拠と見なされることが多い。本研究では、重いフェルミオン系超伝導体 CeCoIn5において、その SRM がスピン励起子の束縛状態に対する従来の予測に反し、符号変化超伝導の証拠ではないことを示す。むしろ、CeCoIn5の SRM は、磁気量子臨界性に近いことにより、超伝導状態において減衰が抑制されることでマグノンのモードが顕在化した結果である可能性が高い。我々の研究は、SRM の存在を符号変化超伝導の証拠とする際には、その励起が本当にスピン励起子であるかをより厳密に検証する必要があることを強調している。

問題意識

- SRMは超伝導ギャップの符号反転の結果であるとししばしばいわれるが、散乱強度の増大のメカニズムは符号反転以外にもある。CeCoIn5のSRMが超伝導ギャップの符号反転に由来するものかは慎重に判断したほうがいい。

手法

- 非弾性中性子散乱実験で
 - 運動量方向(H,H)にそったエネルギー分散を見て、下向き分散、上向き分散の傾向をみる。ここで上向き分散とは、Qの増加でエネルギーの共鳴が上部に移動することで、下向き分散はその逆。超伝導状態ではContinuumが Q_{AFM} から Q_n に向かって分散すると押し下げられるので、共鳴ピークは下方向に下がると考えられる。
 - 磁場依存性を見る。

結果

ゼロ磁場の場合

- 上向き分散しか観測されない。スピン励起子ではなくスピン波の特徴に近く、マグノンの性質を持つことを示唆している。

有限磁場の場合

- 磁場下において、SRMのピーク幅は広がる。なおより高エネルギーでは、2つの分裂したピークが観測されるものの、磁場を強めに印加するとピークは単一のものになる。

- スピン励起子のモデルでは、SRMとPHCOは磁場の印加によりエネルギーが同時にシフトするので、SRMは減衰を受けない。

結論

- これらの結果を総合的に加味すると、SRMは超伝導状態で既存の磁気モードの減衰が抑制されることで生じるものであり、スピンエキシトンではないと思われる。

メモ

- phase sensitivityのある実験で符号変化超伝導が見れるらしいが、非弾性中性子散乱実験の他にトンネル実験もあるらしい。
- コーナーSQUIDと呼ばれる実験がある。超伝導秩序変数の位相の相対関係を調べることで対称性を決定しようとするらしい。d波超伝導体とs波超伝導体を組み合わせてジョセフソン接合が2つある超伝導量子干渉計を構成し、超伝導電流の最大値の変化で応答が変わるらしい。
- 実は、超伝導状態における散乱強度の増大のメカニズムはいろいろある。