

$$D = a T^{-4} \quad (6)$$

に比例して発散する。ここで  $a$  は  $c$  と同じくギャップの角度依存性による常数である。(6)の結果は温度が  $T=0$  に近付くと準粒子の数が減り、スピン拡散はより抵抗を少く受けることにより説明される。スピン triplet の場合は空間的なスピン数が場所の座標の1次に比例するならばエネルギーギャップの空間的変化は省略出来る。しかしギャップの局所的な変化は小さいとしてもスピンの流れにギャップの空間依存を示す  $\nabla \hat{\Delta}$  (ここに  $\hat{\Delta}$  はエネルギーギャップをスピン空間で書いたもの) の項が出て来るが、 $T_c$  近傍では singlet の場合にも出て来た主要項に較べて  $T_c/E_F$  だけ小さいことが証明出来る。 $T_c/E_F$  は  $10^{-2} \sim 10^{-3}$  なので省略出来る。また  $T=0$  の近傍では主要項に較べて  $(T/\Delta)$  のべきだけ小さくなるが(6)式によって発散するのでいづれにしても triplet の場合は singlet の場合と同様に  $T_c$  近傍で  $T$  に1次でノーマルに較べてずれて来て、 $T=0$  では発散すると云うのが、超流動相でのスピン拡散係数の振舞いである。

この仕事は藤木和男君との discussion と計算によることをここに記します。

## 文 献

- 1) T. A. Alvesalo, Yu. D. Anufriyev, H. K. Collan, O. V. Lounasmaa and P. Wennerström; Phys. Rev. Letters **30** (1973), 962.
- 2) T. J. Greytak, R. T. Johnson, D. N. Paulson, and J. C. Wheatley; Phys. Rev. Letters **31** (1973), 452.

## 液体 $^3\text{He}$ の超流動状態における粘性係数

理北大・理 浦田 信夫

我々は液体  $^3\text{He}$  の超流動状態が異方的な order-parameter  $\Delta(\mathcal{Q})$  を持つ BCS 状態であるとして paramagnon の散乱による粘性係数を  $\hbar T \gg \Delta$  が成り立つ範囲で求めた。この不等式の成り立つ範囲は、 $T \geq 0.9 T_c$  である。結論として上の範囲は更に二

浦田信夫

つに分ける必要があり，それを

$$a) T \gtrsim 0.99 T_c$$

$$b) T \sim 0.9 T_c$$

とすると粘性係数  $\eta$  は

$$a) \eta = \eta_0 (1 - \text{const} \cdot \langle \Delta^2 \rangle)$$

$$b) \eta = \eta_0 (1 - \text{const} \cdot \langle \Delta \rangle)$$

となる。ここで  $\langle \dots \rangle$  はある種の角度平均を表わす。 $\eta$  の温度変化はほとんど  $\Delta$  又は  $\Delta^2$  から生じ， $\Delta$  の温度依存性が BCS の場合と同じであるとする，

$$\Delta = 3.06 T_c \sqrt{1 - T/T_c} \quad (T \lesssim T_c)$$

を用いて  $T$  が  $T_c$  より小さくなると始め a) では直線的に減少し，ついで b) では減少しかたがゆるくなって square root に減少することが分る。

この結果は order-parameter の出現による変化を考慮していないが，Maki - Ebisawa<sup>(1)</sup> によると A-相では paramagnon は大きい変化を受ける。しかしこの効果は上に得た結果に簡単に付け加えることができるので現在計算中であるが，その結果 a), b) における const の値を増加する。

a) と b) での  $\eta$  の振る舞いが異なるのは  $\eta$  の計算には anormalous region<sup>(2)</sup> が大きくきいてくること，そして anormalous region では vertex part は簡単には  $\Delta/HT$  で展開することができないためである。すなわち繰り込まれた振動数を  $\tilde{\omega}_n = \omega_n - \alpha \text{sign} \omega_n$  とする時，もし  $\alpha < \Delta$  なら  $\alpha$  で展開した方がよいことになる。a) では  $\alpha \gg \Delta$  であり，b) では  $\alpha \ll \Delta$  である。

このようにして  $T \gtrsim 0.9 T_c$  では a) と b) から内挿して  $\eta$  を求めることができる。

又この取り扱いでは ordered-state の性質は order-parameter の性質は order-parameter の角度依存性と paramagnon の変化に反映されている。

## 文 献

(1) preprint "Spin waves in Anisotropic Superfluid  $^3\text{He}$ ."

(2) R. S. Thompson Phys Rev. 327 (1969).