

超流動 ^3He B 相での集団励起

山口大文理 永井克彦

超流動 ^3He B 相は, BW 状態¹⁾ で良く記述されるものと考えられている。BW 状態では, 粒子数, 全スピンの保存則が破れており, それに対応して秩序パラメータの位相, スピン空間での方向に関する縮退がある。その結果 Goldstone-mode としての音波, スピン波が存在することが知られている。ところで, BW 状態では, これらの Gapless-mode に加えて $k=0$ で, $\sqrt{3/5} \cdot 2\Delta$, $\sqrt{2/5} \cdot 2\Delta$ の gap (Δ はエネルギーギャップ) をもつ mode が存在する。²⁾ これらの mode は秩序パラメータの内部構造の変形に伴なう mode であって, 運動量空間での粒子数分布 $n(\mathbf{p})$, スピン分布 $\vec{S}(\mathbf{p})$ の D-波成分と結びついている。

$\sqrt{3/5} \cdot 2\Delta$ の gap を持つ mode は, 零音波の吸収によって観測されている。零音波は, Fermi 球の変形を伴っているので, この結合は理解しうる。ところで, $\sqrt{2/5} \cdot 2\Delta$ の gap をもつ mode の方は, スピン波の吸収では見い出されない。³⁾ (スピン波そのものも未だ実験では観測されていない。但し最近の Brinkman et al. による Phs. Rev. Letters をみよ。)

以上の事情は, 磁気双極子相互作用を考えることによって若干異なって来る。磁気双極子相互作用が存在すると, 系は, スピン空間軸の回転で不変ではなくなる。従って, 秩序パラメータも内部構造が若干変形されて, その結果, スピン波は $k=0$ で NMR-shift に対応する gap をもち, 又, 上述の $\sqrt{2/5} \cdot 2\Delta$ の gap をもつ mode と結合するようになる。⁴⁾ 従って, $k=0$ に於いても動的帯磁率は, スピン波と, $\sqrt{2/5} \cdot 2\Delta$ の mode との 2 つの pole をもつことになる。従って MHz 程度の NMR が可能であれば, $\sqrt{2/5} \cdot 2\Delta$ の gap を観測することが出来るはずである。

参 考 文 献

- 1) R. Balian and N. R. Werthamer, Phys. Rev. 131 ('63) 1553
- 2) K. Nagai, Prog. Theor. Phys. 54 ('75) 1.
- 3) P. Wölfle, Preprint

- 4) L. Tewordt and D. Einzel, Phys. Letters, **56A** ('76) 97
 K. Nagai, J. Low, Temp. Phys. **28** ('77) #1/2 in press.

B相平行平板間での局在非線型スピン波

東北大・工 海 老 沢 丕 道

^3He の超流動状態では双極子相互作用のため、スピン-軌道の対称性が破れている。その為にスピン波が $q=0$ でエネルギーギャップを持ったり、その相互作用に起因する“双極子”ポテンシャルが正弦関数であることによって非線型スピン波（磁化ソリトン）が出たりすることは既によく調べられている。ところがB相では、その双極子ポテンシャルは系のスピン座標回転に対して、回転角度にだけ依存し、回転方向について縮退している。この縮退した状態だけをたどる様な座標回転で表わされるスピンの励起は、次のような興味ある諸性質をもつ。まず線型スピン波はギャップをもたない。均一磁場の瞬時変化後の磁化自由振動の振動数は双極子ポテンシャルと無関係に、磁場の変化量に比例する。

但しこのモードを励起する為には予め磁場の方向と、平衡状態での座標回転軸の方向とを垂直にしておく必要があり、狭い（1mm位）平行平板間で壁と平行に磁場がかかる様な容器を使えばよい。このためこのモードは、wall pinned mode と呼ばれる。観測されているのは上記の自由振動と、何か局在したスピン波らしいものの伝播とである。後者については未だはっきりとした説明が無い。

このモードで局在した磁化ソリトンのようなものが存在し得るか否かを調べた。双極子ポテンシャルはスピンの自由度を一つ減らす束縛条件として働き、その為にスピン波の方程式は二変数の非線型波動方程式になっている。traveling solution を求めると、速度 v がスピン波の速度 c に対して $c^2/2 < v^2 < c^2$ であるようなソリトン解が出た。このモードをどう検出するかは今後の問題である。