

【 7 】

氏 名 (本 籍)	こ ばやし つね お 夫 (新潟県)
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	博 甲 第 23 号
学 位 授 与 年 月 日	昭和54年 3 月24日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 5 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	物理学研究科 物理学専攻
学 位 論 文 題 目	Experimental Studies of Liquid ^3He - ^4He Mixtures near the Superfluid Transition (^3He - ^4He 混合液体の超流動転移近傍における実験的諸研究)
主 査	筑波大学教授 工学博士 松 浦 悦 之
副 査	筑波大学教授 理学博士 中 村 正 年
副 査	筑波大学教授 理学博士 沢 田 克 郎
副 査	筑波大学助教授 理学博士 楢 原 良 正

論 文 の 要 旨

本論文は ^3He - ^4He 混合液の超流動転移 (λ 転移) 近傍における臨界現象の研究であり, 超流動密度と核スピン縦緩和時間測定との2部からなる。

1. λ 転移近傍における ^3He - ^4He 混合液中の第2音波と超流動密度

超流動転移に関する秩序パラメータは, 超流動波動関数である。しかし, これを直接測定する手段は現在ない。超流動密度はこの秩序パラメータと密接に関連した重要な量である。超流動転移温度は ^3He に ^4He を加えると降下する。 ^3He を加える事によって超流動密度の臨界指数が変化するかどうかを見る事により, 臨界現象の普遍性の概念が λ 転移にも成立しているかどうかを実験的に検証したのが本論文である。第2音波音速を注意深い温度制御の下で測定し, 熱力学的諸量を用いて超流動密度, その臨界指数 λ を導いた。 ^3He モル濃度は0から56%までの8点である。 ^3He が純粋 ^4He に加わるとその値は0.67から少し増加し, 10%以上では約0.69の一定値を保ち, 50%以上で増加するように見える。しかし, 誤差を考慮すると全領域にわたって λ はほぼ一定で普遍性がほぼ成立している事を明らかにした。 ^3He 濃度と熱力学的に共役な量, 「 ^3He と ^4He の化学ポテンシャルの差」が一定という熱力学的径路にそって結果を整理しなおすと更に普遍性が明確になった。なお, 誤差の主な原因は第2音波測定によるのではなく, 計算過程に入る熱力学的諸量のそれである。

2. ^3He - ^4He 混合液の異常核スピン緩和

第1部の実験が静的性質の研究であるのに対し, この実験は ^3He - ^4He 混合液の動的性質の測定

である。 ^3He はスピン $1/2$ をもつので核磁気共鳴法により主に縦緩和時間 T_1 を観測した。液体 ^3He , ^3He - ^4He 混合液の NMR 測定はいくつかあるが、いずれも測定点が少いばかりでなく、温度制御がよくない。第 1 部の実験のような超流動転移近傍のくわしい測定は、NMR では行なわれていなかった。本論文では、(1) エポキシ製の試料セルに試料液体との熱接触をよくするため、多数のフォルマル被ふく銅線をいれ、(2) 第 1 部同様高精度の温度制御を行ない、(3) 温度ドリフト法でなく試料が熱浴と熱平衡になった事をたしかめて測定を行なった。(4) NMR のパルスによって温度がふらつかない事を確認している。液体 ^3He , ^3He - ^4He 混合液の T_1 は intrinsic relaxation (^3He 同志の双極子相互作用による) と wall relaxation (試料セル表面等にある常磁性不純物の電子スピンとの相互作用による) からなる。本論文が得た T_1 は数十秒のオーダーで大体フォルマル又はエポキシ壁との相互作用による wall relaxation であると考えられる。種々の ^3He 濃度の混合液について測定した結果、 T_1 の温度依存性は、(1) 広い温度範囲 (約 1.3 K から 2.1 K まで) でみるとほぼ超流動転移温度で頂点となるカスプ状を呈し、(2) 転移温度近傍で T_1 がディップをつくって減少する。(1) の結果はスピン拡散係数の温度依存性から説明できる。(2) の異常減少の原因について説明を試みる。2 つの可能性を考えているが、 ^3He が壁にある電子スピんにエネルギーを渡す過程を考慮し、 λ 点近傍で溶液中の核スピンの運動の周波数が減少し、電子スピンの運動周波数に一致した所で T_1 の減少がおこるという描像を提案している。

審 査 の 要 旨

本論文では ^3He - ^4He 混合液の超流動相転移近傍の性質を高性能の温度制御を用い、十分に試料が熱平衡に達している事を注意しながら観測した。静的性質の一つとして超流動密度の温度依存性を種々の濃度について測定して、その臨界指数が濃度によらないことを示した。これは過去のあやまった結果を指適し、臨界現象の本質、普遍性の概念が成立している事を示した。動的性質として混合液の縦緩和時間 T_1 の測定を上の実験と同様の温度制御の下にこまかい温度間隔で行い、 λ 転移近傍の異常を初めて定量的に明らかにした。

超流動相転移の実験にふさわしい慎重な実験を行ない、その本質を明らかにする事に貢献したという事が出来る。

よって、著者は理学博士の学位を受けるに十分な資格があると認める。