

Title	ハイゼンベルグ反強磁性体の主軸帯磁率のスピンの波理論
Author(s)	伊藤, 善将
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/29726
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

【 2 】

氏名・(本籍)	伊 藤 善 将 い と う よ し ま さ
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	第 1 5 0 4 号
学位授与の日付	昭 和 4 3 年 6 月 1 9 日
学位授与の要件	理 学 研 究 科 物 理 学 専 攻 学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
学位論文題目	ハイゼンベルグ反強磁性体の主軸帯磁率のスピソ波理論
論文審査委員	(主査) 教 授 金 森 順 次 郎 (副査) 教 授 川 村 肇 教 授 伊 達 宗 行

論 文 内 容 の 要 旨

ハイゼンベルグ反強磁性体の垂直及び平行帯磁率のネール温度より下での温度変化をスピソ波相互作用の効果まで考慮したスピソ波理論を用いて調べた。我々は、これ等の主軸帯磁率に対して今までの理論では考慮されていなかった項を含む理論をたてた。この新しい項は摂動として加えられた外部磁場とスピソ波相互作用とがからみ合っテ生じたものと解釈出キ、両方の帯磁率の温度変化に対して、重要な寄与をしている事が示された。

垂直帯磁率に対してこれまでに得られている式 χ_{\perp} は交換相互作用が有効磁場でおきかえられるとして導き出されたものである。このようにして得られた χ_{\perp} の式はネール温度でゼロになるといッ欠陥を持っている。我々はこの他に、有効磁場の形では書けない交換相互作用のトルクのゆらぎの部分も χ_{\perp} の温度変化に寄与する事を示した。我々の χ_{\perp} の理論では、このゆらぎの χ_{\perp} への寄与は温度がネール温度へ近づくに従って次第に大きくなり、ネール温度ではすべての χ_{\perp} に対する寄与がこのゆらぎの部分からきてる形をしている。このゆらぎが χ_{\perp} へ寄与する部分をスピソ波の coordinate で書き直してみると、wave vector が non-zero の 3 つ、5 つ等のスピソ波が関与した過程として表せ、 $1/S$ の巾展開では $1/S^2$ の巾から始まる項になっている。

スピソと平行に磁場がかかっている場合のスピソ波エネルギーは、磁場のない場合のそれより ± $g\mu_B H$ のエネルギーだけシフトをするがスピソ波相互作用まで考慮すると更に $\mp g\mu_B H \chi_{11} / 2\chi_{\perp}$ のエネルギーのシフトをする。スピソ波エネルギーに於ける第二のシフトは χ_{11} の温度変化に対して $1/S^2$ のオーダーの新しい項を導く。

以上のような帯磁率に対する理論を MnF_2 ($T_N=67.3^{\circ}K$) の帯磁率の計算に適用し、実験との比較を行なった。計算に使ったスピソ波スペクトルはスピソ波相互作用の効果を Hartree 近似を用いて考慮した温度に依存したものである。このスペクトルで使った交換相互作用の大きさは中性子の非

弾性散乱の実験で得られている MnF_2 の $4.2^\circ K$ に於ける分散曲線から決定した。このようなスペクトルを使った帯磁率の計算結果は、新しい項が $T_N/4$ の温度で理論と実験との一致に対して重要な役割を果たしている事を示している。このような補正を考えた理論は、 χ_{\perp} に対しては $40^\circ K$ まで、 χ_{\parallel} に対しては $50^\circ K$ 以上でも実験との一致を示している。我々の χ_{\perp} の計算では交換相互作用のトルクのゆらぎからくる部分の計算を3マグノン過程に限っている。理論と実験の比較から、スピン波相互作用を正しく取扱ったスピン波近似は帯磁率の温度変化に対してもかなりの高い温度まで使える事が示された。

論文の審査結果の要旨

伊藤君の論文は、一般の磁性体の秩序状態を低温で議論する方法として最も有力なものであるスピン波理論を基礎として、反強磁性体の帯磁率の温度変化を論じたものである。その目的に、任意のパラメーターを含まないハミルトニアンから出発して、精細な計算を行なうことによって垂直および平行帯磁率の温度変化の機構を明らかにし、あわせてスピン波理論の能力を検証することにある。伊藤君は、実験データとして最も信頼し得るものとして Trapp および Stout による MnF_2 の単結晶についての結果を用い、理論値とこれを比較した。そのさいのスピンハミルトニアンに含まれる相互作用定数は、中性子の非弾性散乱の $4.2^\circ K$ における結果によって決定される。従来のスピン波理論によって与えられている帯磁率の表式を用い、スピン波の振動数として上記のパラメーターにもとづくものを採用した計算はかなり低い温度 ($<15^\circ K \simeq T_N/4$) で実験データと一致しなくなる。スピン波相互作用を考慮して、スピン波振動数の温度変化を取り入れた計算も実験データを説明しない。伊藤君は、従来のスピン波理論による帯磁率の表式を再検討して、垂直および平行両帯磁率について、それぞれ、いままで見落されていた新しい項の存在を指摘した。垂直帯磁率については、今までの理論は、交換相互作用をある有効磁場でおきかえることに相当することを示し、スピン波の熱励起によって、交換相互作用には、有効磁場としては書き切れないゆらぎに相当する部分が成長して帯磁率にも大きい寄与をすることが結論された。平行帯磁率については、スピン波振動数の磁場依存性にはスピン波相互作用に由来するものがあることが示された。

以上の理論にもとづく数値計算の結果は、約 $2T_N/3$ ($\simeq 40^\circ K$) 迄実験誤差の範囲内で実験データと一致する。理論に調節可能なパラメーターが含まれていないのでスピン波理論の能力を端的に検証したものといえる。従来この種の計算は、スピン波振動数について長波長近似を用いるか、あるいは調節可能なパラメーターを含んでいたために、このような結論を出すことができなかった。従来の理論の不備を訂正すると共に、労を惜しまぬ数値計算でスピン波理論の適用限界を明らかにした点でこの論文は、高く評価することができる。総合して理学博士の学位論文として十分価値のあるものと認める。