

海外だより

が、それは又の機会にいたしましょう。

お体お大事に。

March 2nd 1965

福 田 義 一

Department of Chemistry

Rice University

Houston Texas

長岡 (La Jolla) より 碓井 (基研) へ

御舞沙汰いたしました。私の方はここへ来てからそろそろまる一年になろうとしておりますが、一向に変わりばえのしない毎日を送っております。変わりばえがしないといえ、この La Jolla という所は季節の全く変わりばえしない所で、水仙が咲いて枯れ、梅が咲いて散り、といった季節の花のうつりかわりで、やはり春なのかなと感じる位のもので、全くのんびりしたもので、アメリカがベトナムで何をしようと緊張した空気といったものもまるでありません。気のせいか近所の基地からとびたつジェット機の音がいつもよりうるさく感じられる程度です。

物理の話はあまりありませんが一。今年になつてからは、真木さんと Bardeen が来て、真木さんは例の gapless superconductor の話、Bardeen は superconductor の中での vortex motion の話 (Phys. Rev. Letter に出ていたと思います) をしていつたこと、先週は Bloembergen の "Non-Linear Optics" の話をきいたこと、などです。

Blombergen の話は LASER を使った強い光で、non-linear susceptibility を測定した話で、今のところ Field の二次の項まででした。もちろん (field)² の項は inversion symmetry をもたないような結晶でしか

海外だより

いわけです。(field)³の項まで測定できたら、それの方が物理的にもより興味深いように思われました。(ところで、こういうnon-linear susceptibilityについてはKramers-Kronig relationに相当するものはどうなるのでしょうか?)

ここの物理教室の固体物理関係の人たちのやっていることといたしますと、まず Suhl は近藤さんの抵抗極小の話を考えていて、Chew-Low の散乱理論(質量 ∞ の核子による中間子の散乱の理論)をこの問題に応用したという計算をしました。求められた t-matrix は Fermi 面の上で発散するかわりに、Fermi 面の上下 $\epsilon_F \exp(-1/J\rho_0)$ の程度はなれた所に有限な巾をもつ resonance scattering があらわれるというものです。(ϵ_F : Fermi energy, J exchange, ρ_0 : density of states of conduction electrons per atom) 計算は $T=0$ の場合で、 $T \neq 0$ への拡張を今考えている所のような感じがなかなかうまくいかないと言っておりました。最近、同じ問題をあつかつた Abrikosov の論文 (Journal of Physics への投稿?) があるのを知り、今、苦勞してロシア語を読んでいる所です。やり方は例によつて、グリーン函数で、グラフで展開して……というやつですが、不純物のスピンについては、スピン・オペレーターのままでは取扱わず、

$$a_{\alpha}^+ \vec{S}_{\alpha\beta} a_{\beta} = \vec{S}$$

($S_{\alpha\beta}$ はスピン・マトリックス) でもつて Fermi operator a_{α}^+, a_{α} を導入してやるわけです。結果はほぼ Suhl のと同じで、Abrikosov は抵抗まで計算しているのですが、その結果は $T \sim \epsilon_F \exp(-1/J\rho)$ のあたりに抵抗極大が生じるというのです。Suhl の場合も、 $T=0$ で求めた t-matrix をそのまま有限温度での抵抗の計算につかえば同じ結果になると思います。ところで、これらの結果に私は疑問を持っております。それは、こういう resonance scattering が生じると、当然 localized spin のまわりで conduction electron の状態は強く modify され、その影響が resonance scattering の構造にはねかえつてくるのではないかということです。これらの議論ではそのところが考えられていないように私には思われます。事実 Suhl の求めた t-matrix が complex ω -面で上半面に pole をもつということは、こういう計算の悪さを

示しているように思われます。Abrikosov の計算ではこの点の事情がどうなっているかまだくわしく読んでいないのでわかりません。)

そこでこのあとは自己宣伝になるのですが、私が、グリーン函数をつかつて self-consistent な計算をやってみた結果では (これまた別の点で全く粗っぽい計算にすぎませんが) resonance scattering は再び Fermi 面の上に一つだけ生じることになり、抵抗の温度依存性も定性的には近藤さんのと同じになります。この問題では Suhl と意見があわず、それぞれ独立に仕事をしているという状況です。論文はその内に Suhl のも私のも *Phy. Rev* に出るはずです。

Kohn は大学院学生の指導をしながら、いろいろなことをやっているようですが、先週の seminar では、Majumdar というインド人の学生とやった仕事を紹介していました。Majumdar の thesis は positron annihilation in solids に関したもので、その中で、positron が固体の中で bound state をつくる可能性を論じているうちに生じた問題だということ、昨日の話は “多体系の中で粒子が bound されている、いないということは意味をもつか” という問題です。N 個の free Fermion のまん中に short range attractive potential を考えます。potential の強さをましていくとき、一粒子の energy を考えると、例えば一番下の状態は、potential がある強さに達すると bound state になり、一粒子の energy はそこで analytic ではない (volume $\Omega \rightarrow \infty$ $N/\Omega = \text{const.}$) しかし、われわれの測定するのはこういう一粒子の性質ではなくて、全体の性質であり、total energy が potential の強さについて analytic でないかどうか、というのが問題です。結論は analytic だということ、したがって多体系では bound state がある、ないというのは意味がないということです。但し、保留条件があり、粒子間の相互作用が “essential” に役目をはたす場合にはこの結果は適用できないだろうということです。実のところ私には、途中の計算、結論ともによく理解できませんでした。

Univ. of California, Riverside から J. Callaway が visitor として来ており、半年ほどここにいるとのこと。彼の論文は、昨年の

海外だより

J. Math. Phys. に固体内での散乱の一般論が、Phy. Rev. 136, 1333 にはその応用として High Temperature Magnetic Susceptibility of Interacting Electrons in a Solid というのが出ていました。後者は金森さんや Hubbard の band electron の相関の議論と同じように、band electron 間にはそれが同じ lattice site に来た時にだけ強と repulsion が働くという簡単な model で、高温での Susceptibility を計算していましたが、今は同じ model で低温の問題を考えているとのこと。議論は low density limit で、density による展開をするのだそうですが、electron 間の effective interaction について、その第一項は、金森さんと同じようになるが、第二項への contribution はいろいろのところから生じて、計算は非常にやつかいだ、ということでした。彼は Hubbard の議論については “よくわからん” と懐疑的でした。Hubbard はその論文の III (Proc. Roy. Soc. A281 401, 1964) で Mott のいう insulator-metal transition を出したといっていますが、その計算はたしかに、無理に都合よい結論を引っぱり出したという感じがあります。

あと、若い ph. D の連中のやつていることというと、一次元の superconductor (生体高分子の問題)、強磁場での輸送現象、一次元 Heisenberg modeletc. です。Suhl, Kohn のグループに属しているのは、6 人ですが、国籍は、中国、カナダ、オーストラリア、イギリス、アメリカ、そして日本と、全部ちがつていて、こういうのはアメリカのどこの大学でもそうなのか、ここだけのことなのか、いずれにしても面白いことです。

お元気でお過ごし下さい。

La Jolla にて 長岡 洋介