

量子化された格子振動と電子気体の相互作用

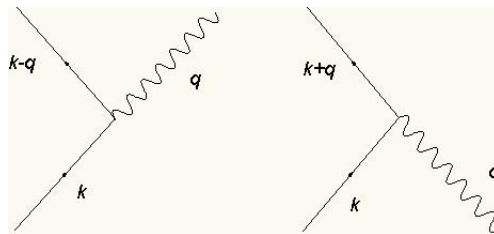
発表者 玉城敏仁

指導教員 小田一郎 前野昌弘

多粒子からなる物質の性質を議論するに於いて、一つ一つの粒子の振る舞いを考えていては議論を複雑にするだけである。こういった多粒子系を扱うには、場を調和振動子の集まりとしてみる場の量子論の考え方が非常に有用である。物性論では、多粒子系の基底状態からの小さな乱れを、集団的な励起状態として取り扱う。このような考え方を素励起という。

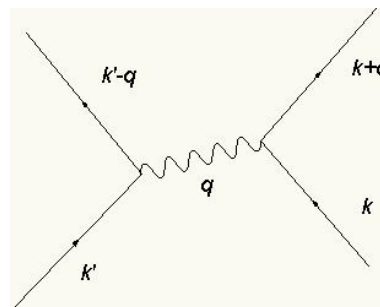
ここではまず格子振動の素励起であるフォノンと、フェルミ真空からの素励起である電子と正孔の量子化を行う。そして、それらの相互作用ハミルトニアンを作ることによって、物質中でどのような相互作用が起こっているかを考察していく。

取り扱う相互作用としては、まず電子がフォノンを放出、吸収をすることによって散乱される過程である。このとき観測にかからないほどの非常に短い時間では、エネルギー保存則を満たさないフォノンの放出、吸収も起こり得る。このように短時間にエネルギー保存則を満たさない状態に存在するフォノンを実験的なフォノン (virtual phonon) という。仮想的なフォノンに対し、エネルギー保存則を満たす状態に存在し、実際に観測されるフォノンを実際のフォノン (real phonon) という。



物質中の電子は絶えず仮想的なフォノンの放出、吸収を繰り返している。この過程から、実際に物質中で観測される電子のエネルギーは自由な状態からずれが生じる。このような仮想的なフォノンの放出、吸収によるエネルギーシフトをフォノンによる電子の自己エネルギーと呼び、ここでは二次の摂動によって、エネルギーシフトを計算してみる。

また2電子間のフォノンによる相互作用も考えることができ、その効果は引力となることを確かめる。光子による相互作用 (いわゆるクーロン相互作用) が斥力になることと逆の効果であるが、その違いがラグランジアンから説明されることも見ていく。



フォノンと電子の相互作用を見ていくことで、光子の場合とはいろいろと違った相互作用を起こすことが分かってくる。例えば、一つの電子が一つの光子を放出する過程は起こりえない。そういった両者の違いも考察していく。