

多電子系の遍歴・局在・秩序化

東北大学大学院理学研究科 倉本義夫

Abstract

単独の電子は、質量・電荷・スピんで特徴付けられ、その性質は定量的によくわかっている。しかし、このような電子が多数集まると、非常に豊かで思いがけない性質を示す。固体中に凝縮した電子が示す超伝導、強磁性、分数量子ホール効果などはその例である。単独の電子の固有状態は、自由空間では平面波であるが、多数の電子の固有状態は必ずしも平面波ではない。すなわち斥力相互作用が強いと、平面波状態は不安定になり、多数の電子は自発的に局在する。この状態は、電子の結晶とみなせる。それでは逆に、平面波状態（フェルミ液体状態）は電子間の相互作用があっても生き残れるか、と問うこともできる。実はこの答えは単純ではなく、電子の秩序状態と双対性 (duality) に関する深い問題へと必然的に発展していく。その際、系の次元性が本質的に重要になる。

この講義では、量子多体系としての電子系が示す興味ある性質を理解するために、単純な例から出発して重要な基本概念を説明する。特に、フェルミ流体、近藤効果と重い電子、モット絶縁体、分数量子ホール状態とウィグナー結晶などを直感的に理解できるようにしたい。また、できるだけ最近の実験結果を含む新しい例題を選んで、量子多体系に関する最先端研究の現状がわかるようにしたい。

Itinerancy, Localization, and Ordering of Many Electron Systems

Yoshio Kuramoto

Department of Physics, Tohoku University, Sendai 980-8578

Abstract

A single electron is characterized by its mass, charge, and spin, and the character is understood quantitatively well. However, when a large number of electrons gather, very rich and unexpected properties emerge. Superconductivity, ferromagnetism, and the fractional quantum Hall effect are examples demonstrated by condensed electrons in solids. The eigenstate of many electrons is not necessarily a plane wave although the eigenstate of a single electron is a plane wave in a free space. If the repulsive interaction is strong, the plane wave state becomes unstable, and the many electrons localize spontaneously. One may then ask whether the plane wave state (Fermi liquid state) can survive even if the interaction between electrons are strong. The answer to this question is actually not simple, and the question inevitably develops into a deeper one concerning the electronic order and the duality of electronic states. Here the dimension of the system plays an essentially important role.

In this lecture, we start with simple examples to understand interesting properties of electrons as a quantum many-body system, and explain some important basic concepts. Especially, we pursue intuitive understanding of Fermi liquids, Kondo effect and heavy electrons, Mott insulators, fractional quantum Hall states and Wigner crystals. Moreover, we try to explain the state-of-the-art research status on quantum many-body systems by choosing examples including recent experimental results.