

超流動の世界／ジョセフソン効果の新理論

講師 大阪大学教養部 佐々木祥介

超流動とジョセフソン効果についての講義を担当していただきました。その内容について報告致します。

第1日目 超流動と新しい二流体理論

液体ヘリウムIIは常流動成分と超流動成分と呼ばれる、一般に流速が異なる2成分からなっていることが実験から明らかにされているが、従来の理論ではこのような二流体状態が安定であることを統計力学から導出することができない。

講義で紹介されたのは新しい考えにもとづいた液体ヘリウムの理論である。まず、「相互作用の着物を着たボゾン」(dressed-boson)を生成する演算子を導入すると、液体ヘリウムの固有状態をすべてあらわすことができ、液体ヘリウムを新たに「準粒子」の集まりと見なすことができる。つぎにこれによって熱平衡状態を決定すると、相転移の存在や、二流体状態がエントロピー極大であり安定なことなどを示すことができる。

たとえば、超流動成分と常流動成分とが異なる流速をもつ状態は、着物を着たボゾンの運動量分布がかわるとエネルギー準位の逆転がおこることから説明される。0でない運動量のところでエネルギー準位最低となり、そこにボーズ凝縮して超流動成分が形成されているといえる。

この理論によって予測される新しい現象として、Elementary Phononの存在、dressed-bosonのビームの反射・屈折、超流動HeでのACジョセフソン効果などをあげることができる。

第2日目 超流動HeでのACジョセフソン効果

超伝導におけるクーペー対に対応する物は従来の液体ヘリウムの理論にはなかったが、新しい理論では、ボーズ凝縮しているdressed-bosonに対応する。このdressed-bosonのトンネル現象を分析すると、ジョセフソン振動が起こることが分かる。しかも、初期値としての位相差が完全不確定なときでさえ、この振動が起こることになり、従来のジョセフソン効果の理論と異なった結果がえられる。

折に触れて、研究者としての姿勢についても、熱っぽく語っていただき、聴講したものにとっては印象深い講義であったと思います。

(文責 山崎 誠一)