

量子力学の誕生の歴史

物理学科4年 大谷 諭

アインシュタインの光量子論はそれまでの古典的な考えに疑問を投じた。例えば光電効果やコンプトン効果がそれである。一般に他の粒子とのエネルギーのやりとりの際に光はエネルギーの集中した粒子のよう
にふるまう。しかし一方では光が電磁波であることを示す確かな証拠があった。つまり光は粒子・波動の2重性を持つと考えざるをえなかった。

光が粒子・波動の2重性を持つとすれば、これまでもっぱら粒子とされてきた電子や陽子が波動性を示すのではないかとド・ブロイ(フランス)は考えた(1924年)。この物質波 (material wave) という概念の導入により粒子・波動の2重性が一挙に物質全体におしひろげられた。

古典論にあった光と電子の差別は消え、その代わりに光そのもの、電子そのものが粒子・波動の2重性を持つことになったのである。この2重性を統一的に把握するための理論体系が量子力学である。

ド・ブローイの発想を波動力学 (wave mechanics) という形に定式化し、物質波をあわらず波動関数 (wave function) の満足すべき波動方程式を確立した (1925年) のがシュレーディンガー (オーストリア) である。この方程式がシュレーディンガー方程式と呼ばれる古典力学のニュートンの運動方程式にあたるような量子力学の基本方程式である。

また量子力学の形成過程には、ド・ブローイ～シュレーディンガー路線と並ぶもう一つのアプローチがあった。ハイゼンベルク、ボルン、ヨルダンらののがそれで、彼らは行列力学(matrix mechanics)という形で量子力学の定式化に成功した(1925年)。彼らは、ミクロな粒子の位置や運動量は行列で表されるとして新しい力学を誕生させた。

なおこの行列力学とシュレーディンガーの波動力学とが等質であることを翌1926年にシュレーディンガーが証明している。

このように奇跡の年(1905年)に端を発し誕生した量子力学は多くの物理学者達の研究により1世紀を待たず一定の完成を見た。現在では「量子ホール効果」や「量子カオス」のように様々な現象の量子性を考えるという研究が盛んに行われている。

コンプトン効果

- エネルギーの保存則より入射光子と散乱光子の波長の差 $\Delta\lambda$ が以下のように表せる。
- $\Delta\lambda = h(1 - \cos\theta) / mc$
- これにより光は光子として存在し、エネルギーだけでなく、運動量も持っていることが明らかになった。

光電効果

- 振動数 ν の光は $h\nu$ のエネルギーを持つ粒子(光子)の集団のように振舞うと考える。
- 電子がもらったエネルギー $h\nu$ が金属の内側から外側に電子を運ぶのに必要なエネルギー W より大きい場合には 電子は外側に 放出される. したがって, 出てくる電子 (光電子という) のエネルギーの最大値は
$$E = h\nu - W$$
- このとき W を仕事関数 と呼ぶ。