

7.4 電子の波動性

アインシュタインは光電効果を用いて、一般に波動性を持つものとして考えられていた光が、粒子又は質量を持たない光子として、考えることも可能なことを示しました。Louis Vicor de Broglie (1892-1987)はこの事実を熟考しました。もし光が波動性と粒子性の両方を持つと考えると、何故、物質も同じ様に振る舞わないのだろうか？ここで粒子と考える電子のような小さな物体が、ある状況では波動性を示さないのでしょうか？1925年にド・ブロイは質量 m 、速度 v で運動する自由電子は次式で示される波長を持つと、提案しました。

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad (7.6)$$

この考え方は、電子の粒子性(m 及び v)と、可能性のある波動性(λ)とを結びつけることから革命的でした。実験的な証拠は直ちに示されました。1927年 New Jersey の Bell 研究所の C.J. Davidson と L.H. Germer は電子のビームが金属薄膜の原子によって光波のように回折され、ド・ブロイの関係に定量的に従うことを見出しました(Fig. 7.14)。回折が光の波動性によってたやすく説明されることから、電子もある状況下では、波として記述されることになります。

ド・ブロイ式は、運動しているどんな粒子も、それに付随する波長を持っていることを示唆します。 λ が測定出来るだけ十分大きいならば、 m と v の積は非常に小さくしなければなりません、なぜなら h が非常に小さいからです。例えば、110 mph の速さの 114 g の野球ボールは大きな mv 積(5.6 kg•m/s)を持っています。従って信じがたいほどの小さな波長 1.2×10^{-34} m を持つことになります！この小さな値は本質的には意味のないものです。なぜなら現在、利用できる装置で測ることが不可能だからです。陽子、電子、中性子のような極めて小さな質量の粒子についてのみ、その波動性を観測することが出来ます。

Fig. 7.14 アルミニウムフォイルの電子回折パターン。

例題 7.3 ド・ブロイ式を使って

練習問題 7.6 ド・ブロイ式