

## 導出シリーズ 第72回 「プランク定数」と「光量子説」

### アインシュタインの「光量子説」

光は粒子として捕らえるべきで、光粒子を「光子」という。この光子1粒のエネルギーは光の振動数に比例し、その比例定数を「プランク定数」という。

光の振動数を  $\nu$  とすると、光子一粒のエネルギーは  $E=h\nu$  ( $h$ はプランク定数) と表すことができる。また、光の波長  $\lambda$  で表すと  $E=\frac{h\lambda}{c}$  ( $c$ は光の速さ)である。

### 「光電効果」の光量子説による説明

「光電効果」とは、金属に光を照射すると、金属表面から電子(光電子)が飛び出す現象をいう。

この現象において、振動数の小さい(波長の長い)光では、「いくら強い光を照射しても光電子が飛び出すことはない」。一方、振動数の大きい(波長の短い)光では「弱い光でも照射後すぐに電子が飛び出す」ことが特徴である。光電子が飛び出す限界の振動数は金属の種類により異なることもあげられる。

光が「波」であると考えたと、弱い光(暗い光)では弱いエネルギーしか持たない。金属中の自由電子がそのエネルギーを受け取っても金属陽イオンとの束縛を解くに必要なエネルギーに瞬時に達することはないからである。強い光を照射すると、十分なエネルギーを自由電子に与えることができる。よって光の振動数によらず光電子が飛び出さなくてはいけない。これでは、光電効果の説明には矛盾となるので、光を「波」と考えることが出来なくなる。

光を「粒子」と考えるとどうだろうか。これからは、光粒子を「光子」と呼ぼう。光子のエネルギーは  $E=h\nu$  であるので、弱い光では光子数が少ないが、一粒の光子のエネルギーは変わらない。よって、その光子のエネルギーを受け取った自由電子は金属陽イオンとの束縛を解くためのエネルギー「仕事関数」 $W$ を減じた運動エネルギーを持つ「光電子」となり、金属から飛び出すのだ。よって、「光電子」の運動エネルギーは  $\frac{1}{2}mv^2=h\nu-W$  となることになる。

照射する光の振動数  $\nu$  と飛び出した光電子の運動エネルギー  $\frac{1}{2}mv^2$  の間の関係を測定<sup>1</sup>すると、アインシュタインの「光量子説」による説明のとおり関係  $\frac{1}{2}mv^2=h\nu-W$  が実験結果として示される。光を「波」と考えて説明が出来なかった「光電効果」の見事な説明となった。プランク定数  $h$  を実験で求める方法

上記の実験を照射する光の振動数を変えて測定すればよいのだ。光の振動数が  $\nu_1$  のとき、 $eV_1=h\nu_1-W$  …①、光の振動数が  $\nu_2$  のとき、 $eV_2=h\nu_2-W$  …②であったとする。

この2式より、プランク定数は  $h=\frac{e(V_1-V_2)}{\nu_1-\nu_2}$  から求めることができるのだ。また、振動数を波長に変えて示すと、 $h=\frac{e\lambda_1\lambda_2(V_1-V_2)}{c(\lambda_2-\lambda_1)}$  と表せる。したがって、実験では、照射する光の振動数または波長と、光電子の阻止電圧とを実験から求めるとプランク定数が測定できることがわかる。

<sup>1</sup> 電子の運動エネルギーの測定は、電位に逆らって移動できる電圧を測定することで得られる。  $eV=\frac{1}{2}mv^2$  である。