

## 演習課題 05：プランク定数を測ろう

担当教員：大阪大学大学院理学研究科 南條 創、増渕 達也、廣瀬 穰

光は「波」です。色の違いは波長 $\lambda$ の違いですし、水やガラスに入ると屈折するのも、CDの裏面で反射した光が虹色に見えるのも、光が波の性質を持つためです。光の波が伝わる速さ、つまり光速 $c$ は、慣性系によらず一定です。

光は「粒子」です。光の粒すなわち光子は、電子と弾性散乱（コンプトン散乱）を起こします。また、図1に示すように、金属表面に光子が当たると、金属中の電子をたたき出すこともできます。これは光電効果と呼ばれ、アインシュタインがノーベル賞を取ったのはこの光電効果の研究成果のためです。

「粒子」としての光子のエネルギーを決めるのは、実は光の持つ「波」の性質です。特殊相対論によれば、光速で飛ぶ粒子の質量はゼロです。つまり、光子の質量 $m=0$ 。また、エネルギーと運動

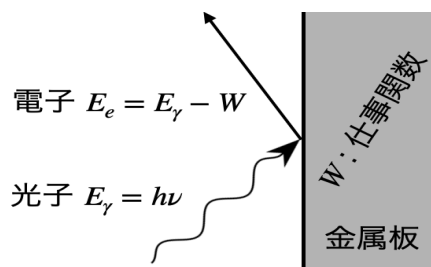


図1：光電効果

量 $p$ の関係は、 $E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$ です。この式に、 $m=0$ を代入すると $E=pc$ が出て、エネルギーは運動量の光速 $c$ 倍になります。では、光子のエネルギー $E$ と運動量 $p$ は何が決めるのか。実は、その答えは量子力学です。光の波長を $\lambda$ 、周波数を $\nu$ とすると

$$p = \frac{h}{\lambda}, \quad E = pc = \frac{hc}{\lambda} = h\nu.$$

で定められます。この、光の粒子性と波動性を結びつける $h$ がプランク定数であり、光速 $c$ と並んで重要な物理の基本定数です。

この演習課題では、このプランク定数 $h$ を測ります。材料は、図2に示す光電管。真空のガラス管の中に金属の板と、針金だけが入った簡単なものです。この光電管に光を当ててみましょう。電流計を光電管につないで、金属板と針金の間に流れる電流を測ると、電流は光の強さによって変わります。次は、光電管に電圧計をつないでみましょう。電圧は、光量にほとんど依存しません。しかし、LEDの色を変えたり、色セロハンや回折格子を使ったりして当てる光の波長を変えてみると…？

ここから先は、皆さんの頭と手でこの不思議な現象を解き明かし、プランク定数 $h$ を求めてください。用意された道具は、電流計、電圧計、光源、フィルター、回折格子などなど。これらの比較的ありふれたものをどのように利用して、プランク定数を測るのかは皆さんの工夫次第です。



図2：光電管