

演習課題 P06 プランク定数を測ろう

光は「波」です。色の違いは波長 λ 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 E と運動量 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 λ 、周波数を ν 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、 c と並んで重要な物理の基本定数です。(あまりに基本的なために、理論屋さんは $c = h/2\pi = 1$ というような単位系を使います。)

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、針金だけがいった簡単な物です。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電流が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、色セロハンや回折格子を使って当てる光の色を変えてみると...

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物をどのように利用して、重要なプランク定数を測るのかは、皆さんの工夫次第です。光電効果の測定から、プランク定数を精密に求めた Millikan (図3) はノーベル物理学賞を受賞しています。Millikan との知恵比べに挑戦しましょう。

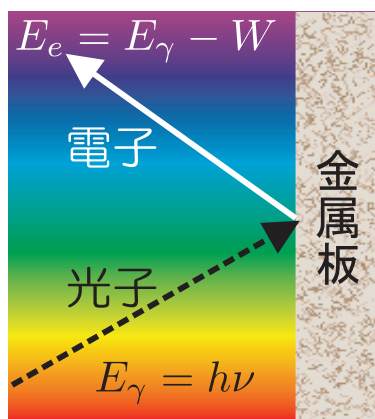


図 1: 光電効果



図 2: 光電管

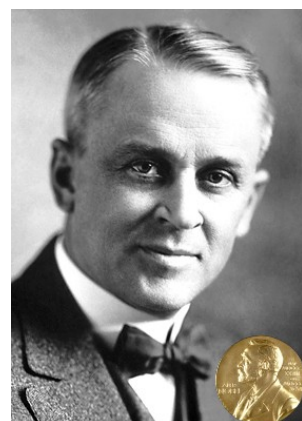


図 3: Robert Andrews Millikan (1923 年ノーベル賞受賞)