

○ 光電効果

18世紀中程まで、あらゆる物体の運動はニュートン力学（古典力学）で説明できると考えられていました。しかし熱や原子レベルのミクロな世界について、うまく説明できないことが次々と発見されました。

実験1 光の振動数と光電子の関係

金属に光をあてると、金属表面から電子が飛び出していく現象（ ）が発見されます。右の装置のお椀型の電極 K に光をあてたとき、K から飛び出した電子が電極 P に集まり、回路に電流が流れます（ ）。

当てる光をフィルターにして、光の総量・光の振動数 ν

（ニュー）と飛び出した電子（光電子）の関係を調べると次のようなことがわかります。

結果

① 光の振動数がある値 ν_0 よりも小さくても、光の総量（光量=明るさ）を増やしても、光電流は流れない。

② ν_0 を（ ）といい、この振動数は金属の種類によって異なる。

※ 光の速さは v ではなく c を、光の振動数は f ではなく ν を使います。光の波の式 ($v=f\lambda$) は、

()

と表すことがあります。なお光の速さは真空中で常に一定 ($=3.0 \times 10^8 m/s$) という性質があります。

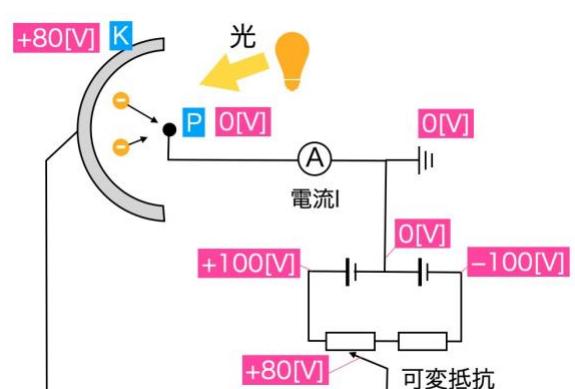
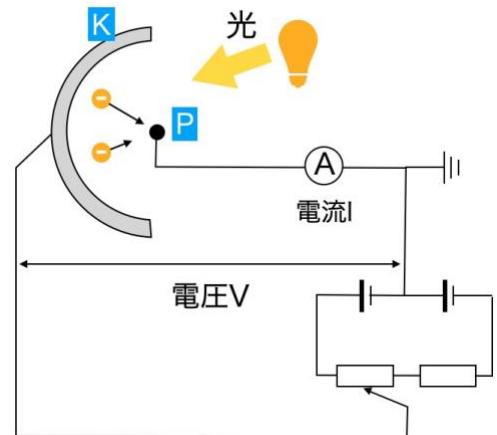
光が波の性質を持っているのなら、結果①・②について光の振動数は小さくとも、光の総量を増やせば、電子にエネルギーを多く与えることになるので、光電子が飛び出すだけのエネルギーが得られるはずですが、そうではないようです。

実験2 光の総量と光電流の関係

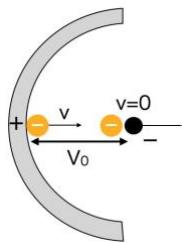
回路の可変抵抗を変えて、電極 K の電圧を P よりも大きくして、飛び出してきた電子が P に届かない電圧 V_0 （ ）を測ることによって、電子の運動エネルギーを調べます。

例) 例えば電池がそれぞれ 100V だとすると、

可変抵抗を中央よりも左に持ってくることで、K が P に対して +80[V] となる。右に持ってくれれば、逆に P のほうが K に対して高電位になります。

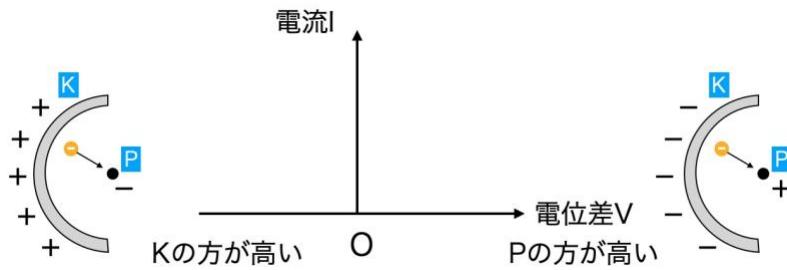


なお、阻止電圧 V_0 を調べるということは、飛び出した電子の運動エネルギーを調べたことと同じ意味を持ちます。



このようにして、光の振動数を変えずに、光の総量と光电流の関係を調べると、次のようなことがわかります。

結果

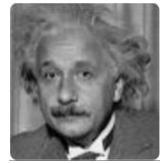


- ③ 電極 P の電圧を K よりも大きくすると、光电流の値（電子の数）は次第に一定値になり、その値は当てる光の総量によって変わる。
- ④ 阻止電圧の値（電子の運動エネルギー）は、光の総量を増やしても変わらない。

結果④について、光が波の性質を持っていると考えれば、光の総量を増やした分だけ、電子に与えられるエネルギーが増えるのだから、電子の運動エネルギーも大きくなり、阻止電圧も大きくする必要があるはずですが、そうではないようです。

○ 光子（光量子）と光電効果

光電効果の実験結果は、光の波の性質だけでは説明することができません。アインシュタインは 1905 年、光が波としてだけではなく、粒子のように振る舞うと考えて、光電効果を説明しました。光の粒子を（ ）または光量子といいます。



$$\text{光子の 1 個の持つエネルギー } E = (\quad) \quad \boxed{\text{覚える}}$$

$$\nu \quad c \quad \text{光子の 1 個の持つ運動量 } P = \frac{E}{c} = (\quad) = (\quad) \quad \boxed{\text{覚える}}$$

※ 光の波の式 ($c = \nu \lambda$) を使いました。

ここで、 c は光速で $3.0 \times 10^8 [\text{m/s}]$ 、 h は（ ）定数という定数で $6.63 \times 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}]$ です。なお振動数 ν の光に N 個の光子がある場合は、全エネルギーは（ ）[J] です。



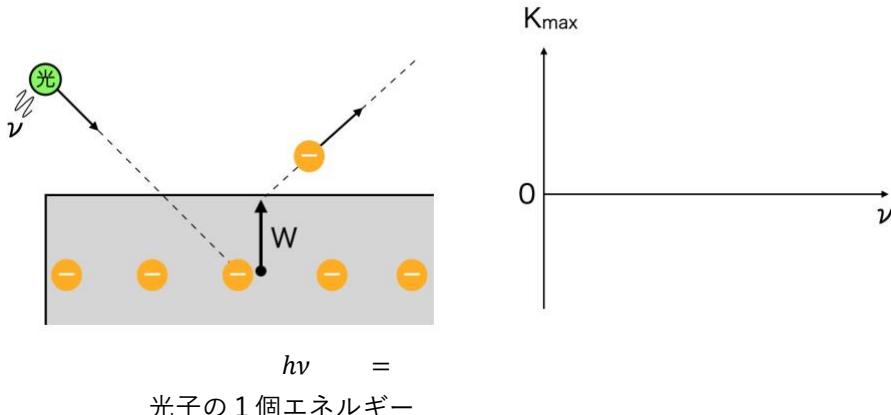
参考 光子のエネルギーと運動量

光子のエネルギー $E = h\nu$ については、高温の物体から出る光の振動数と強さの関係を説明するために

マックス・プランクが使ったものです。また運動量 $P = \frac{E}{c}$ については、アインシュタインの相対性理論から導かれた $E = mc^2$ 、光子の運動量 $P=mc$ より、

$$E = P c \rightarrow P = \frac{E}{c}$$

金属内部の 1 個の自由電子は 1 個の光子と衝突してエネルギーを得ます。金属が電子を束縛するエネルギー W （ ）よりも大きいと、電子は金属表面から飛び出して運動エネルギー K を得ます。飛び出した電子の運動エネルギーの最大値 K_{\max} は、次の式で表せます。

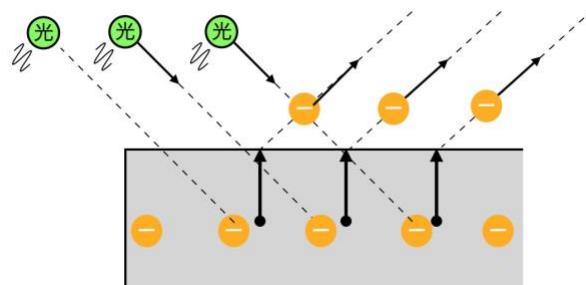


この式から、電子が金属表面から飛び出せる最小の振動数 ν_0 は、

$$h\nu_0 = \rightarrow$$

となります。この ν_0 が結果①②で見られた限界振動数です。

また光の振動数 ν を変えないで、光の総量を増やすと（下図）、電子に衝突する光子が増えて、外に飛び出せる電子の数が増えますが（結果③）、1個あたりの電子の運動エネルギーの最大値 K_{\max} は変わらないので、阻止電圧 V_0 も変わりません（結果④）。



このようにアインシュタインは光子を使って、光電効果をうまく説明しました。その後、ミリカンによる実験で、上の $K_{\max} - \nu$ グラフを示す結果が得されました。

○ 電子ボルト

この分野を扱うときには、光や電子など、小さなエネルギー量を扱うので、J（ジュール）よりも小さなエネルギーの単位が便利です。そこで（ ）という単位が使われることがあります。1[eV]は電子1個が1[V]の電圧で加速されたときに得る運動エネルギーです。

