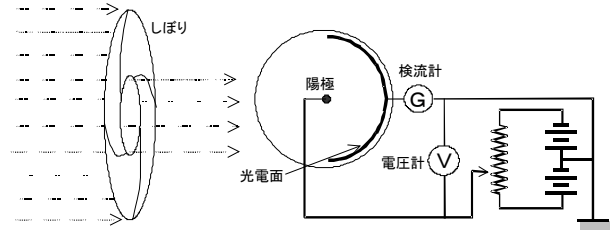


**光電効果** (光を当てると電子が飛び出す現象)

( )組( )番氏名( )

「光電効果」とは、「金属の表面に紫外線を当てると金属の表面から電子が飛び出す」現象である。

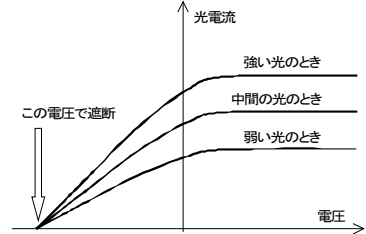
- 1 紫外線を当てると金属(光電面)から電子が飛び出す。→ 電子が陽極に達すると検流計が振れる。
- 2 紫外線より波長の長い可視光線や赤外線では強い光を当てても電子は飛び出さない(電流は流れない)。



光電効果を詳しく調べてみる 光電効果の詳しい実験の詳細

細

- ◆ 照射する光の波長を変えて光電効果が見られるかを調べる。
  - 金属により光電効果の「最短波長」は異なる。
- ◆ 飛び出してくる光電子(photo-electron)の数を調べる。
  - 「光の強さに比例した光電流」が流れる(光の強さに比例した電子数)
- ◆ 飛び出してくる光電子(photo-electron)の運動エネルギーを調べる。
  - 上の図に示すような実験装置で、電圧調整ボリュームを調整し、「光電流が流れなくなる電圧」を求める。



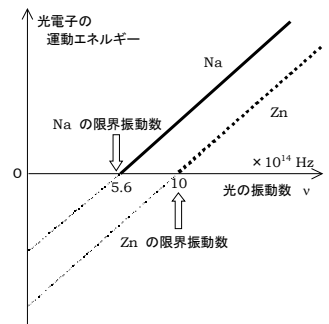
光電子の運動エネルギーは  $\frac{1}{2}mv^2 = eV$  [J] になる。

結論 運動エネルギーは光の強さには無関係！

光の振動数に比例した運動エネルギーをもっていた！

運動エネルギーと振動数のグラフの傾きは金属の種類によらず同じ

これらことは現代物理学の発展につながる重要なことを意味していたのだ！



光電効果の新しい解釈

- 1 紫外線を当てると電子が空中に飛び出すメカニズムとは
- 2 紫外線の強さに光電流(単位時間に飛び出す電子の数)が比例するメカニズムとは
- 3 波長の長い光では電子は飛び出さない理由はなんだろうか？
- 4 電子の運動エネルギーは光の強さに無関係だが、光の振動数に比例している理由はなんだろうか？
- 5 運動エネルギーと振動数のグラフの傾きは金属の種類を変えても同じになる理由はなんだろうか？

物理 I Bで習ったように干渉(ヤングの実験)や偏光などの性質から、「光は波である」ことは誰にも否定できない。しかし、光が介在する現象でこの「波動性」では説明が不可能な現象が、原子レベルの小さな世界で見られることが知られるようになった。そのひとつが「光電効果」という現象である。光電効果とは、「負に帯電した箔検電器の上に良く磨いた亜鉛板をのせ、この亜鉛板に紫外線を当てると箔検電器の箔が閉じる(負の電気が逃げる)」現象である。これは紫外線を当てると、亜鉛の表面から電子(光電子)が空中に飛び出していくことを示している。この現象は紫外線を当てたときのみに見られ、紫外線より波長の長い可視光線や赤外線ではどのように強い光を当てても箔検電器の箔は閉じることはない。

波のエネルギーにより引き起こされる現象だとすれば、可視光線でも赤外線でも、その光が強ければ波から受け取るエネルギーが大きくなる。したがって、同様の現象が起こっても良いはずだ。現象としては知られていた「光電効果」を理論的に説明できる物理学者は1905年までは誰もいなかった。1905年、突破口を開くのは20世紀の天才と称されるアルバート・アインシュタイン博士であった。「光量子仮説」発表

光電効果の理論への道 1905年までのいろいろな人の功績により分かっていたこと(アインシュタイン以前)

光電効果を詳しく調べてみる 光電効果の実験の詳細

- 1 金属により限界波長は異なる。光子のエネルギーが自由電子を束縛しているエネルギー(結合エネルギー)より大きいときに、電子は飛び出せる(光電効果が見られる)。結合エネルギーは金属により固有の値を持つ。
- 2 光の強さに比例して光電流がながれる  
光の強さに比例して光子の数が増加する。光子の数が増えると、飛び出す光電子の個数は比例して増加する(当然)。
- 3 光電子の運動エネルギーと光の振動数の関係

飛び出してくる光電子(photo-electron)の運動エネルギー  $K = \frac{1}{2}mv^2$  は、光子のエネルギー

$E = h\nu$  から結合エネルギー  $W$  を減じたものになる。光子のエネルギーは振動数に比例しているのので、光電子の運動エネルギー  $K$  は  $K = h\nu - W$  ( $h$  はプランク定数、 $\nu$  は光の振動数、 $W$  は金属固有の定数(仕事関数と呼ぶ))の関係式を満たすので、実験の結果と一致する。

以上の1、2、3の実験結果は当時の常識(現在も)からは説明できないものであった(波動性で説明するのは不可能である)。

### 光の粒子性 (アインシュタインの光量子説)

光は粒子として考えなければならない場合がある。この粒子の名前を「光子(photon)」という。

光子の1粒のエネルギーは、 $E = h\nu$  ( $h$  はプランク定数と呼ばれ  $h = 6.63 \times 10^{-34}$  [Js]、 $\nu$  は光の振動数)

光子の1粒の運動量は、 $p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$  ( $c$  は光速で  $c = 3.00 \times 10^8$  [m/s]、 $\lambda$  は光の波長)

**初級** 光の波動性では説明できない現象(光電効果以外)を具体的にあげて説明しなさい。

日焼(波長が長い可視光線(紫から赤まで)では日焼けしないが、波長が短い紫外線を浴びると日焼けする)、写真の感光作用(赤外線ではフィルムは感光しないことや、写真の引き伸ばし作業を行う部屋では、赤や黄色の長い波長の光で部屋の照明をしている。)などを挙げて説明するとよい。