

# 化学

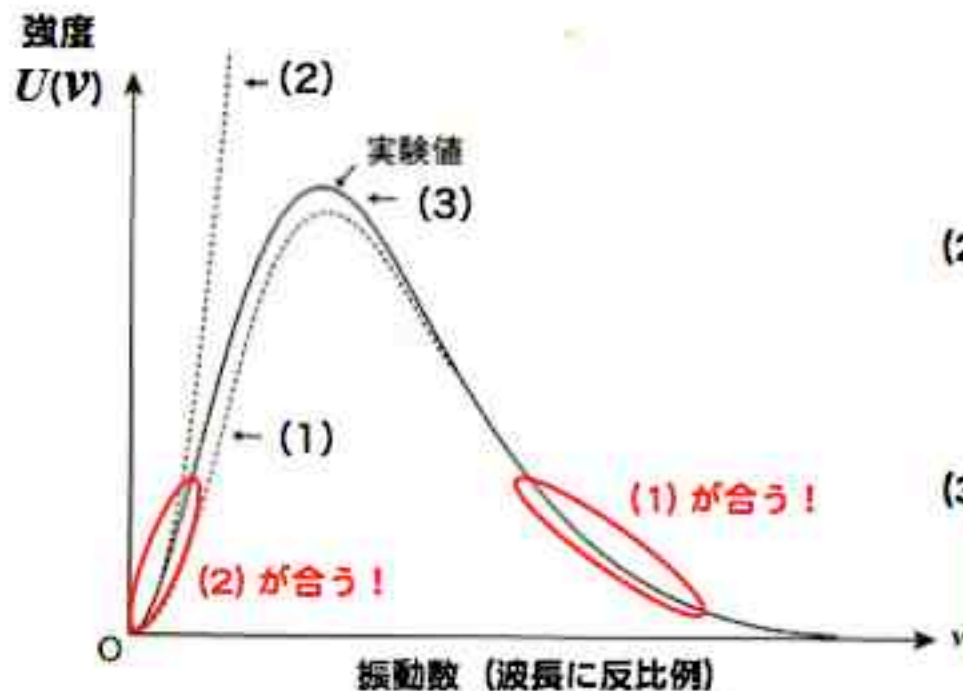
(化学結合論)

平成19年 5月17日

津田 栄

## 黒体輻射 (空洞放射の問題)

黒体輻射スペクトルの振動数とエネルギーの関係



(1) 1896年にウィーンが提案した式

$$U(\nu) d\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{k\beta\nu}{e^{\beta\nu/T}} d\nu$$

振動数の高い所だけが合う。

(振動数  $\nu$  から  $\nu + d\nu$  の間にある電磁波の数)

(2) 1900年頃にレイリーとジーンズが提案した式

$$U(\nu) d\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} kT d\nu$$

振動数の低い所だけが合う。

(3) 1900年頃にプランクが提案した式

$$U(\nu) d\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{k\beta\nu}{e^{\beta\nu/T} - 1} d\nu$$

すべての所で合う!

プランクは、(3) 式をさらにきれいにまとめることを試み、ボルツマン定数  $k$  とレイリーのパラメータ  $\beta$  の積  $k\beta$  をひとまとめにして、記号  $h$  で表した。この  $h$  が「プランク定数」である。  $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  その後、プランクはなぜこの式が実験結果に合うのかを考え続けた。

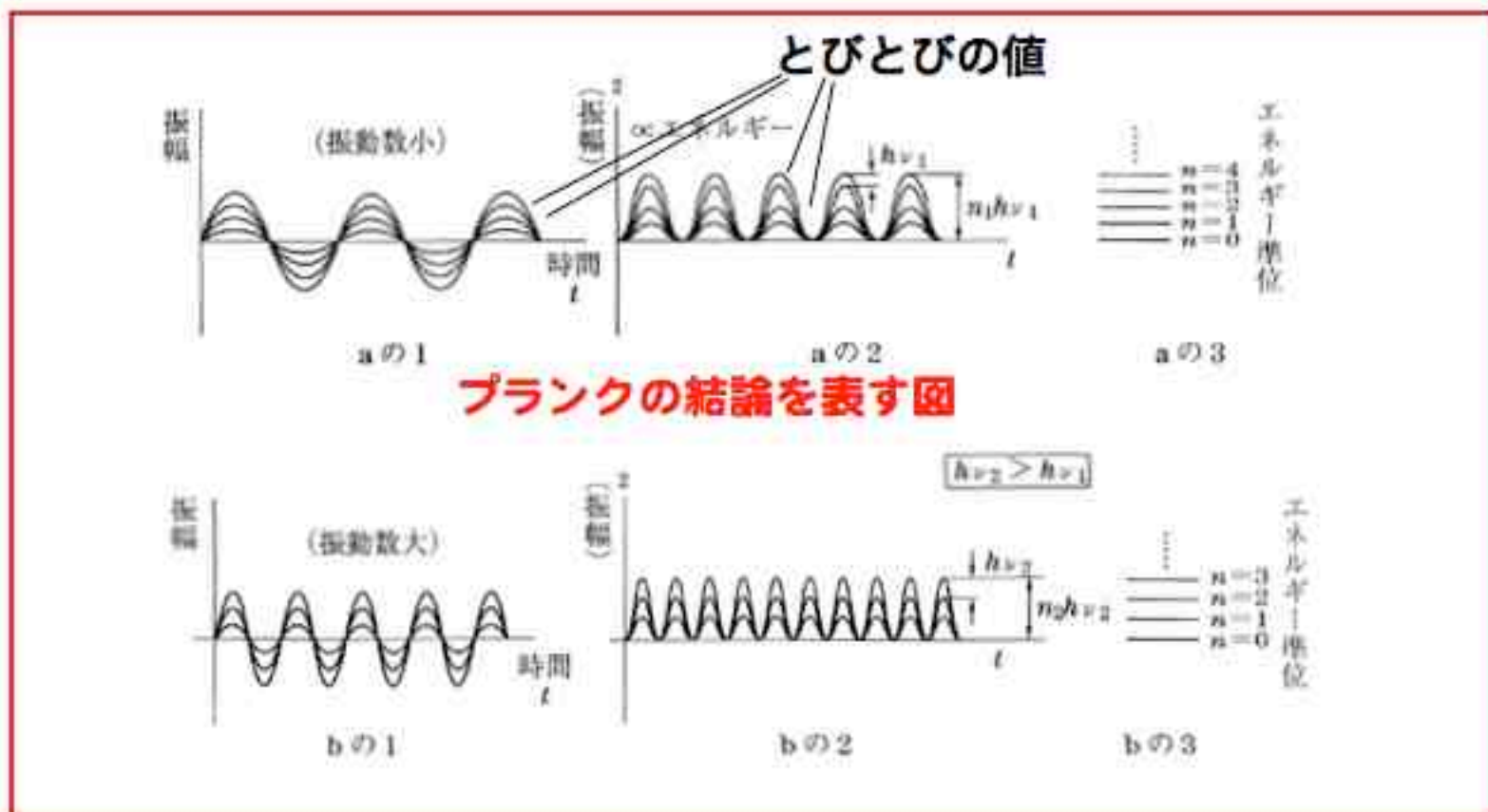
## プランクが至った結論 (エネルギー量子)

$\nu$ という振動数をもつ電磁波のエネルギー  $E$  は連続量ではなく  $h\nu$ という量の整数倍

$$E = nh\nu \quad (n = 0, 1, 2, 3 \dots)$$

の値 (とびとびの値) しかとることができない。

$h\nu$ をエネルギーの1つの単位とみなし、エネルギー量子と名づけた。





エネルギー量子という考えを初めて唱えたプランク(1858~1947)。電磁波のエネルギーが不連続な値をもつという結論に至った。



当時の物理学者は、エネルギーが不連続量であるとするプランクの考えをまったく受け入れなかった。



“光量子”という考えを用いればプランクが発見したものの意味を明快に説明できると発表した26歳のアインシュタイン(1879~1955)

## アインシュタインの光量子仮説

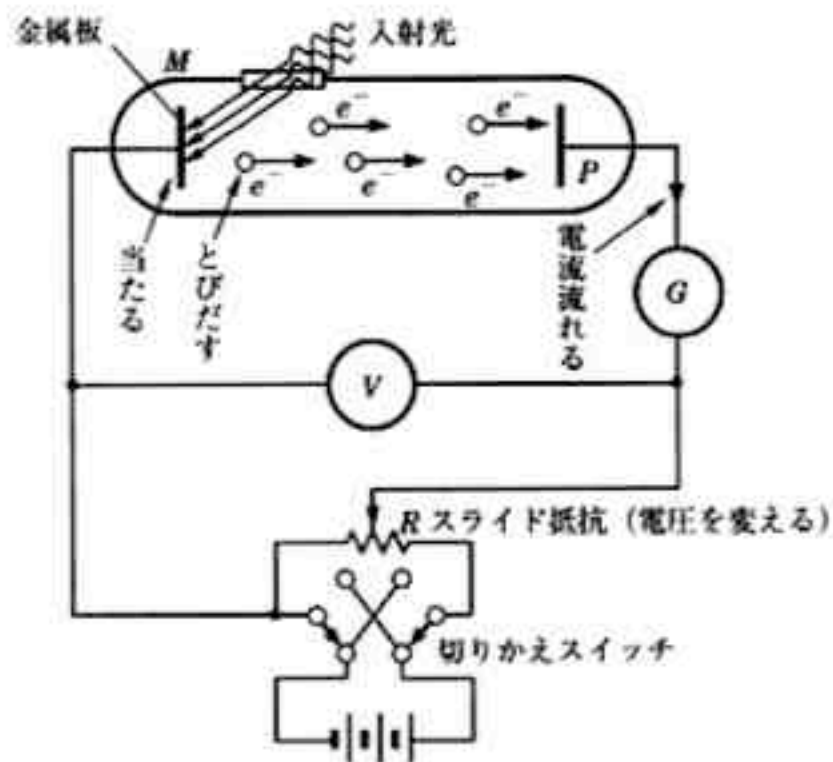
光は波ではなく、1つ1つが $h\nu$ というエネルギーをもった粒子(光子、光量子)である。光が波のように振る舞うのは、光子の集団の統計的な結果を観測するからである。

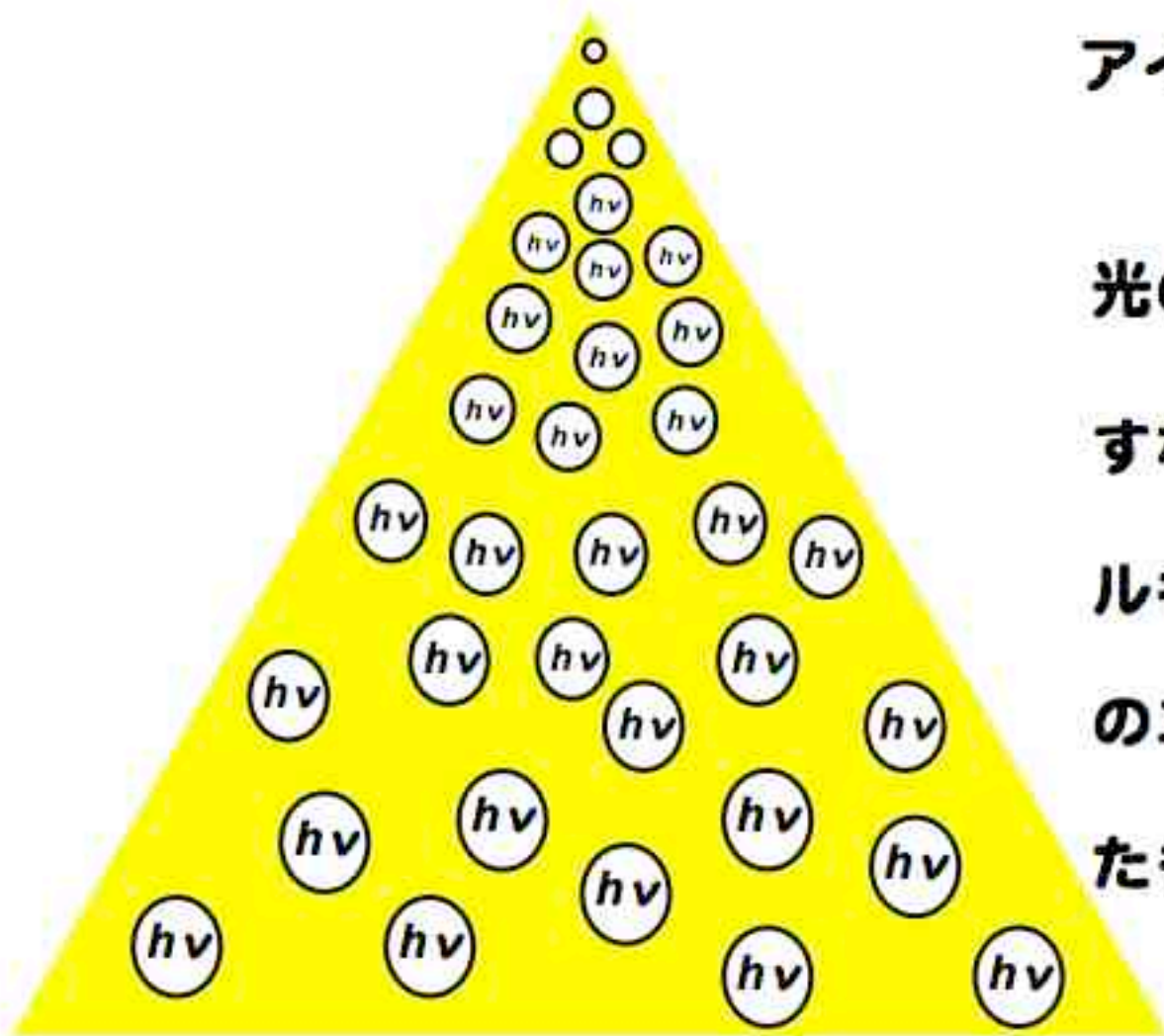
## 光電効果

金属の内部には自由に動ける電子(自由電子)が存在する。自由電子は通常では外に飛び出せない。しかし例えば亜鉛に紫外線を当てると電子は紫外線からエネルギーをもらって外部に飛び出してくる。この現象を光電効果といい、出てくる電子を光電子という。一方、赤外線では、どんなに光度の大きい赤外線を当てても金属から光電子は出てこない。

即ち、ある波長よりも長い波長の光では、どんなに強い光を当てても電子は飛び出してこない。しかし限界波長よりも短い波長(大きい振動数)の光ならば、光度の弱い光でも直ちに光電子が飛び出してくる。

光電効果を調べるための実験の模式図





## アインシュタインの光量子仮説

光のエネルギー $E$ は、 $E=nh\nu$ 。

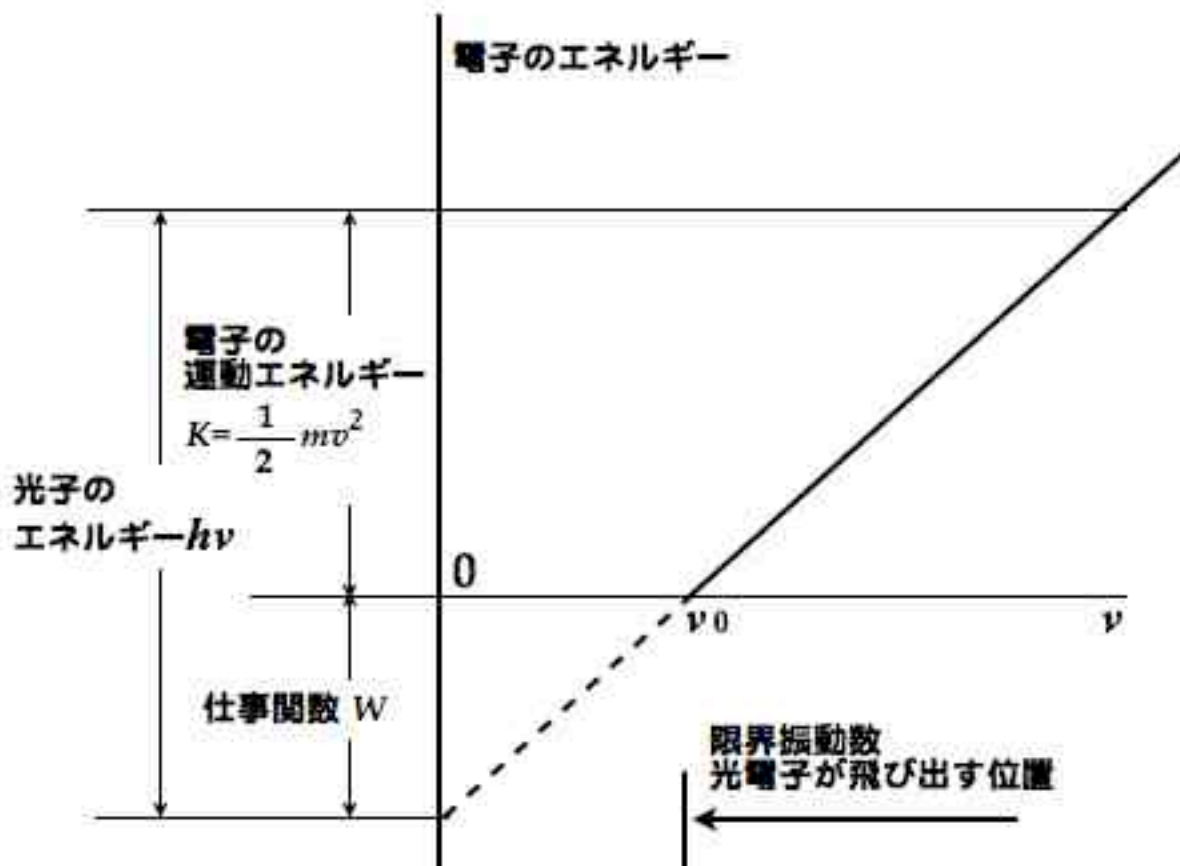
すなわち、1個あたり $h\nu$ のエネルギーをもった光子(=プランクのエネルギー量子)が $n$ 個集まったものである。

光子数が増える = 光の強度 (明るさ) が増す

光電効果とは、光子が金属に当たったとき、1つの電子が1つの光子のエネルギーを全部受け取って外へ飛び出す現象であるといえる。

金属表面から電子が外に飛び出るには、光子のエネルギー $h\nu$ がある値 $W$ 以上でなければならない。この値 $W$ は電子を金属外部へ動かすのに必要な仕事に等しく仕事関数と呼ばれる。限界振動数 $\nu_0$ と仕事関数 $W$ の間には $W=h\nu_0$ の関係が成り立つ。金属から飛び出した光電子の運動エネルギーの最大値 $\frac{1}{2}mv^2$ は、当てた光の振動数を $\nu$ とすると、エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}mv^2 = h\nu - W$$



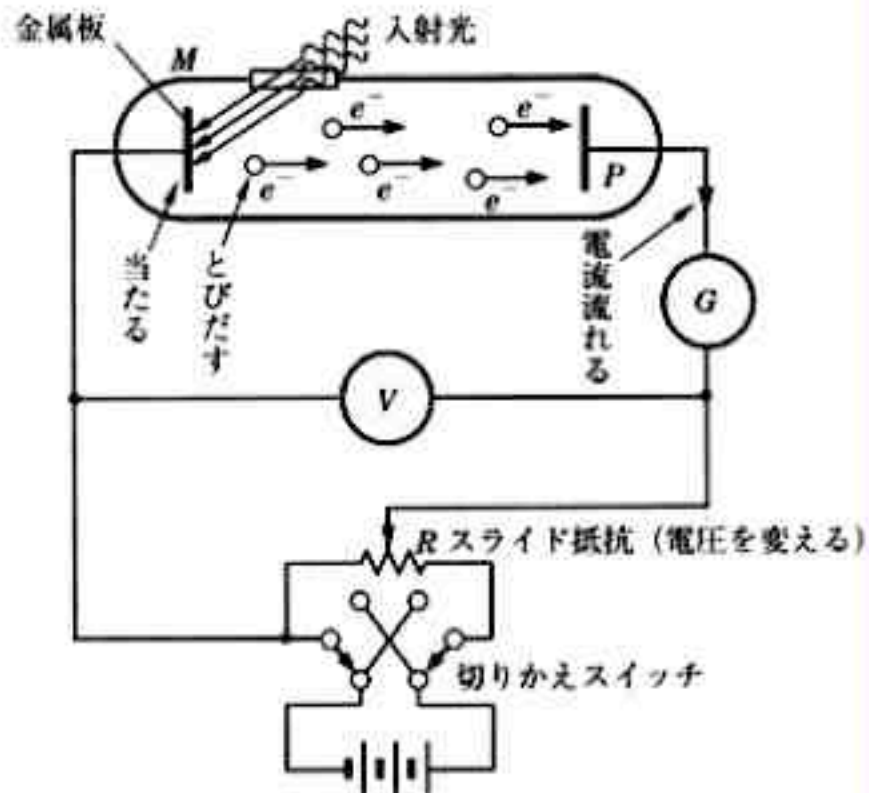
金属から飛び出る光電子の量は、金属に入射する光子数に比例するから、光の強さ（明るさ）に比例して電流が増加する。

## 光電効果に関する問題

### 例題

左の図の実験装置で波長が $300\text{nm}$  ( $300 \times 10^{-9}\text{m}$ )の紫外線を当てると回路に電流が流れた。しかし、陽極Pの電位を金属板Mに対して $-0.5\text{V}$ にすると、電流が流れなくなった。次の問いに答えよ。

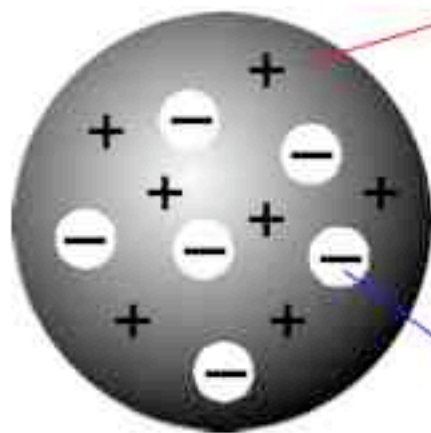
- 1) 光子が電子1個に与えたエネルギー  $E$  を求めよ。
- 2) 金属板Mの仕事関数  $W$  を求めよ。
- 3) このときの限界振動数  $\nu_0$  と限界波長  $\lambda_0$  を求めよ。



光電効果を調べるための実験の模式図

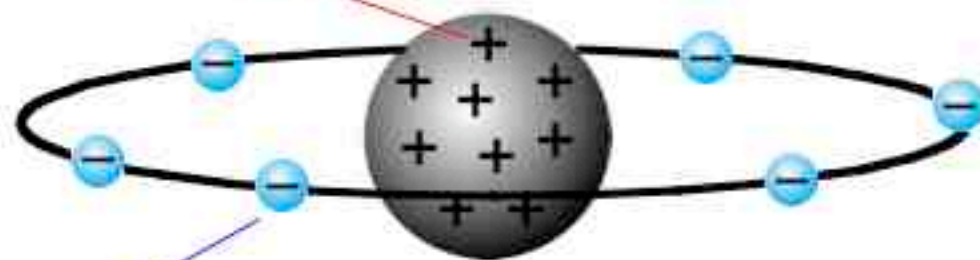


### トムソンモデル(1903)



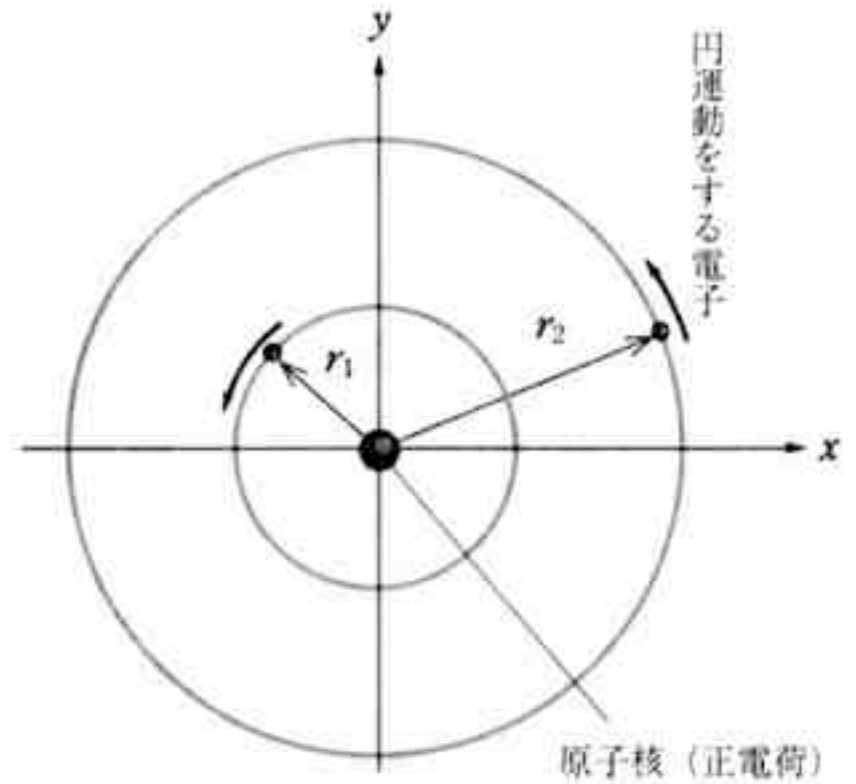
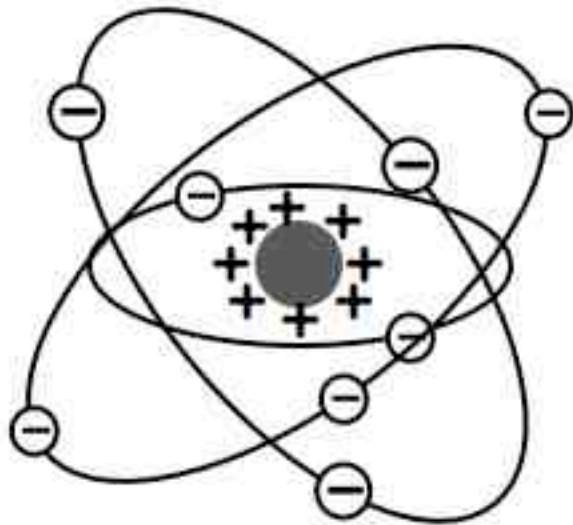
電子は丸いパンのなかの”干しぶどう”のようなもの  
(干しぶどうパンモデル)

### 長岡半太郎モデル(1903)



電子は惑星のように、正電荷の周りを回っている

# ラザフォードモデル (1911)



# ラザフォードの実験

ラジウムから放出される $\alpha$ 線①を金箔②に衝突させる。金箔で散乱された $\alpha$ 線は、周囲の硫化亜鉛③に当たって閃光を発する。

ラザフォードは顕微鏡④を色々な方向に回してその閃光の分布を調べた。そして、2万回に1回程度の割合で、 $\alpha$ 線源方向に戻ってくる $\alpha$ 線を観察した。「例えば1枚の紙に砲弾を撃ち込んだとして、それが跳ね返ってきて自分に命中したら、それを信じられるでしょうか？」とその発見時の驚きを書き記している(らしい)。

右下の図は、原子核の近くを $\alpha$ 粒子が通過するときの軌道を表している。

この実験によって原子核の周りを電子が回っているというモデルが実証された。

