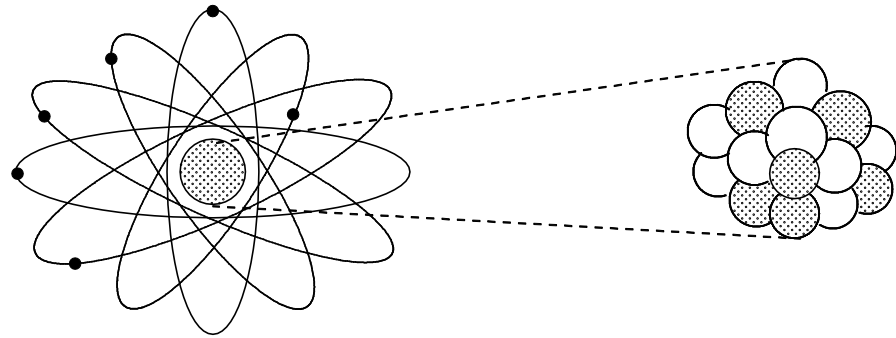


# 第1章 原子と原子核



原子の大きさ → 約 $10^{-10}$  m

原子核の大きさ → 約 $10^{-15}$  m

## 【Theme 1】光の粒子性

### (1) 光の粒子性

ヤングの実験で、光は干渉して明暗の縞模様を作ることは学習した。→ 波の性質

↓ その後...

光は『電磁波』（電場と磁場の振動が空間を伝わるもの）であることが分かった。  
 <1864年にマクスウェルが存在を予言。1888年にヘルツが実験で証明した。>

しかし!!!!

「光電効果」と「コンプトン効果」は波として考えると説明できない!!

→ 光を粒子として考えると簡単に説明できる。

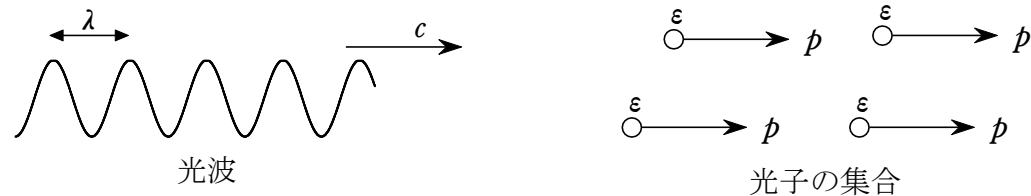
その光の粒子を『光子』 or 『光量子』という。

### (2) 光電効果 (1905年 アインシュタイン)

振動数  $\nu$ 、波長  $\lambda$  の光は...

|                                 |                               |
|---------------------------------|-------------------------------|
| 「エネルギー」 : $\epsilon = h\nu$     | $h$ : <u>プランク定数</u>           |
| 「運動量」 : $p = \frac{h}{\lambda}$ | $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J·s |

を持つ粒子の集合として振る舞うとして考えた。



光電効果とは？

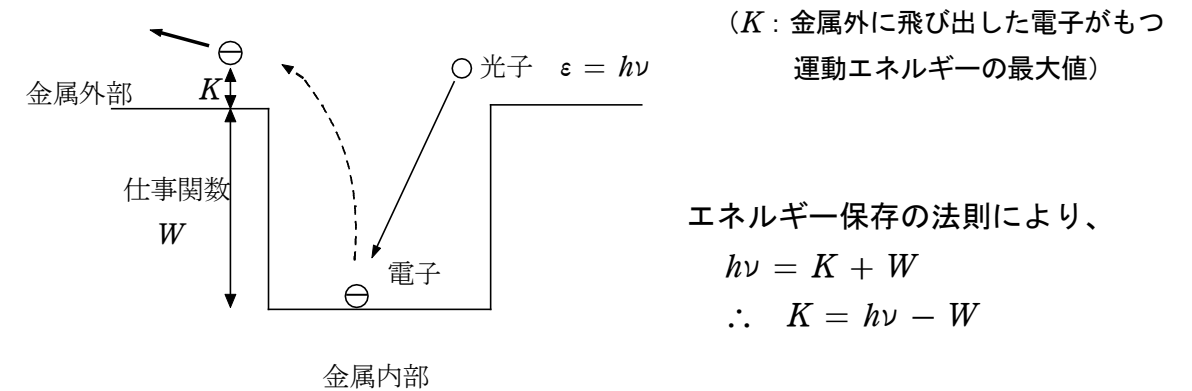
→ 『**金属中の電子は1つの光子を吸収し、金属イオンの束縛をふりきって金属表面から飛び出す**』

電子は金属イオンの正電荷に引き付けられている。



金属外に飛び出すためにはエネルギーが必要!

この「最小値」を『仕事関数』という。



( $K$ : 金属外に飛び出した電子がもつ運動エネルギーの最大値)

エネルギー保存の法則により、  
 $h\nu = K + W$   
 $\therefore K = h\nu - W$

<光電効果の特徴> 『限界振動数』とは？

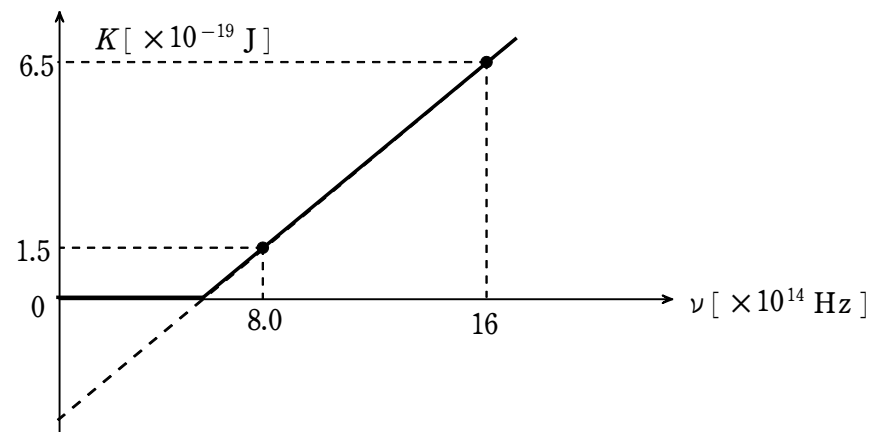
- ・限界振動数以下の光を金属に当てたとき、光をどんなに強くしても光電効果は起こらない!!
- ・限界振動数以上の光であれば、光が弱くても光電効果は起こる!!

### まとめ

振動数  $\nu$ 、波長  $\lambda$  の光に対して、  
**光子のエネルギー** :  $\epsilon = h\nu$   
**光子の運動量** :  $p = \frac{h}{\lambda}$

[問] 波長  $\lambda = 2.0 \times 10^{-7}$  m の紫外線の光子のエネルギーと運動量は、それぞれいくらか。ただし、光速  $c = 3.0 \times 10^8$  m/s、プランク定数を  $h = 6.6 \times 10^{-34}$  J·s とする。

[問] 図は、ナトリウムに振動数  $\nu$  の光を当てたときに飛び出す電子の運動エネルギーの最大値  $K$  をグラフに表したものである。



- (1) ナトリウムの仕事関数はいくらか。
- (2) ナトリウムの限界振動数はいくらか。
- (3) グラフから、プランク定数はいくらか。

## 【Theme 2】物質の波動性と原子の構造

『二重性』 → 光のように、波と粒子の両方の性質を持つこと。  
電子などの粒子にも二重性がある。

(1) 二重性 (1924年 ド・ブロイ)

ド・ブロイの考え...

光が粒子と波動の両方の性質を持つならば、電子などの粒子にも波動性があるのではないか？

粒子の波を『物質波』あるいは『ド・ブロイ波』という。

この数年後、1927年から1928年にかけて、デビソン、ジャーマーらによって物質波の存在が確かめられた。

- 方法 -

高速に加速した電子を結晶に当てると、結晶が回折格子のように働いて、散乱電子線に干渉パターンが生じるのを確認した。

↓

波動性の特徴は『波の重ね合わせにより干渉すること』

質量  $m$  の粒子が速さ  $v$  で運動しているとき、粒子の持つ運動量  $p$  は

$$p = mv$$

ド・ブロイによると、この粒子は波長が、

$$\lambda = \frac{h}{p} = \underline{\hspace{2cm}}$$

の波としても振る舞う。

↑ 『ド・ブロイ波長』

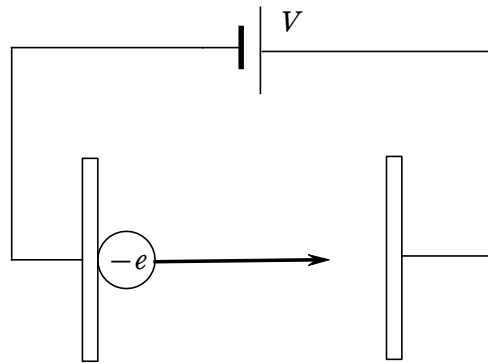
まとめ (物質波)

ド・ブロイ波長 :  $\lambda = \frac{h}{p} = \underline{\hspace{2cm}}$

[問] 体重 50 kg の人が、秒速 1 m で歩いている。この人を波動とみなしたときの波長はおおよそいくらか。プランク定数の値を  $6.6 \times 10^{-34}$  J・s とする。

[問] 毎秒 1 mm の速さで動く 1 個の電子の波長はいくらか。ただし、電子の質量を  $9.1 \times 10^{-31}$  kg、プランク定数の値を  $6.6 \times 10^{-34}$  J・s とする。

[問] 電圧  $V$  で加速された電子の波長はいくらか。ただし、電子の質量を  $m$ 、電荷を  $-e$ 、プランク定数を  $h$  とする。



## (2) 水素原子のボーア模型

-古典物理学(力学と電磁気学)で説明できないこと-

① 電子などの電荷をもった粒子が加速度運動をすると...



「電磁波」が発生して、エネルギーを失ってしまう!!



原子内の電子がエネルギーを失えば原子は存在できない!!



原子内の電子が安定した状態を保つことを説明できない!

② 原子が発する光の波長はとびとびの値になることも説明できない!

↓ これを説明できる  
理論の登場!!

『量子力学』 (1913年 ボーア)

一般に、定常状態の原子のエネルギーはとびとびの値をとることが知られている。

→ 原子の『エネルギー準位』

ボーアは「水素原子のエネルギー準位」と「水素原子が発する光のスペクトル」を説明するために、2つの仮説を立てた。

① 『量子条件』

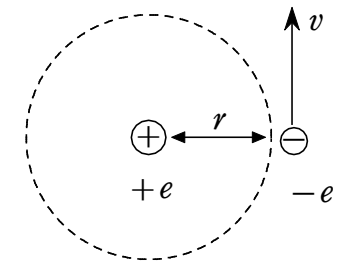
② 『振動数条件』

### ① 量子条件

定常状態では、電子はニュートンの運動方程式にしたがって等速円運動をする。このとき、電子の速さを  $v$ 、円軌道の半径を  $r$ 、電子の質量を  $m$ 、プランク定数を  $h$  として、水素原子の許される定常状態の電子軌道は

$$mvr = n \frac{h}{2\pi} \quad (n=1, 2, 3 \dots)$$

を満たすものに限る。



ここで、自然数  $n$  を『量子数』という。