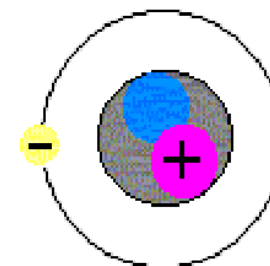


化学概論 第2回



ミクロな粒子の振る舞い -粒子性と波動性-

粒子



Hustler 2, prod. by Martin Scorsese

波動



葛飾 北斎

粒子 と 波動

独立した物体

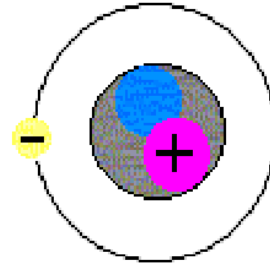
個数

質量

散乱

衝突

位置



エネルギー
速さ(運動量)

連続体の運動

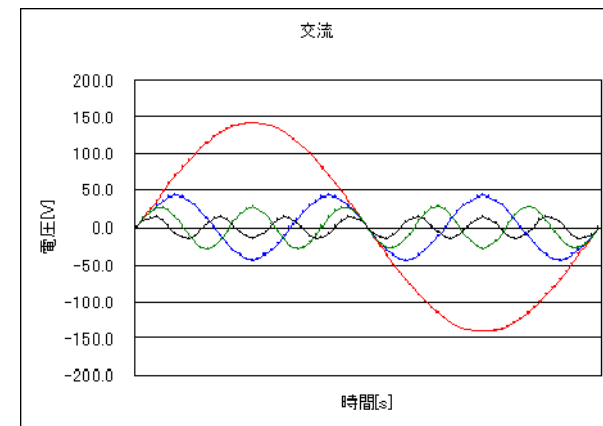
干渉

回折

波長

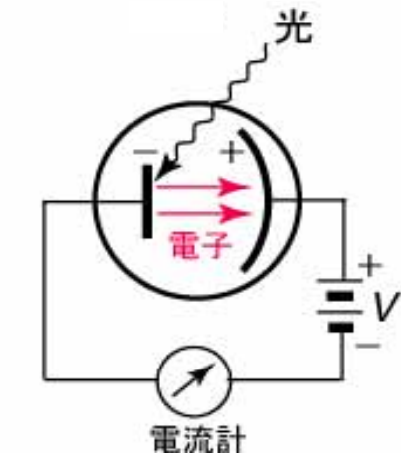
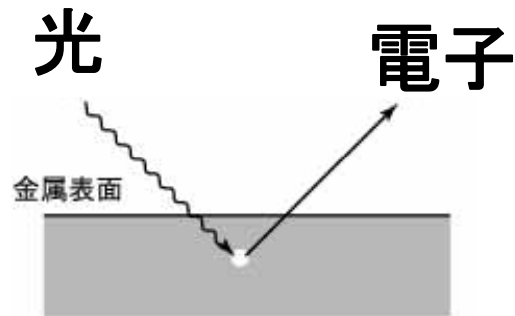
位相

周期、周波数



光の粒子性: 光電効果の実験

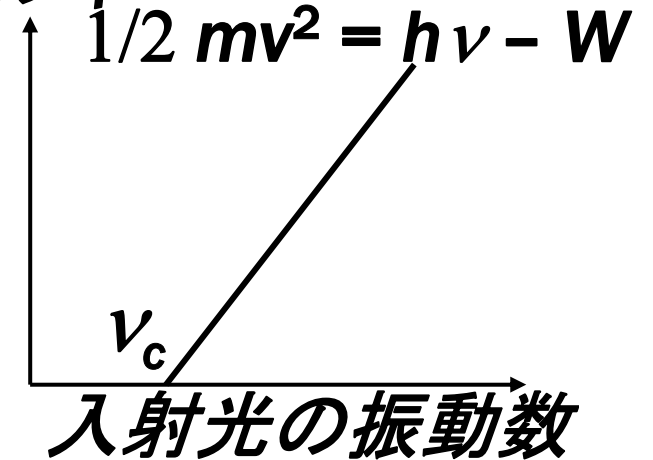
光電効果



$$1/2 mv^2 = eV$$

電子(1個)のエネルギー

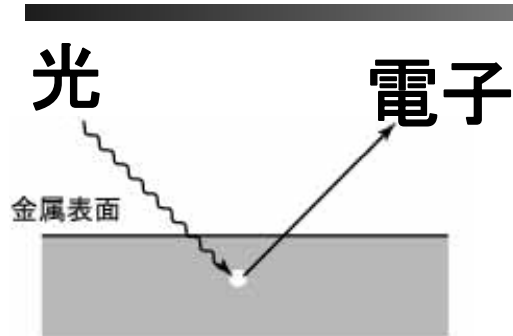
$$1/2 mv^2$$



$$\nu (= c / \lambda)$$

- ・入射光の振動数が ν_c より低いと電子放出はない
- ・放出される電子(1個の)エネルギーは、光の強度にはよらず、振動数で決まる
- ・一定時間に出てくる電子の数は、入射光の強度に比例する

光電効果:エネルギー保存則



エネルギー保存則

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

$\frac{1}{2} mv^2$ 放出された電子1個の
運動エネルギー

W 電子1個を金属から
自由空間に取り出すエネルギー

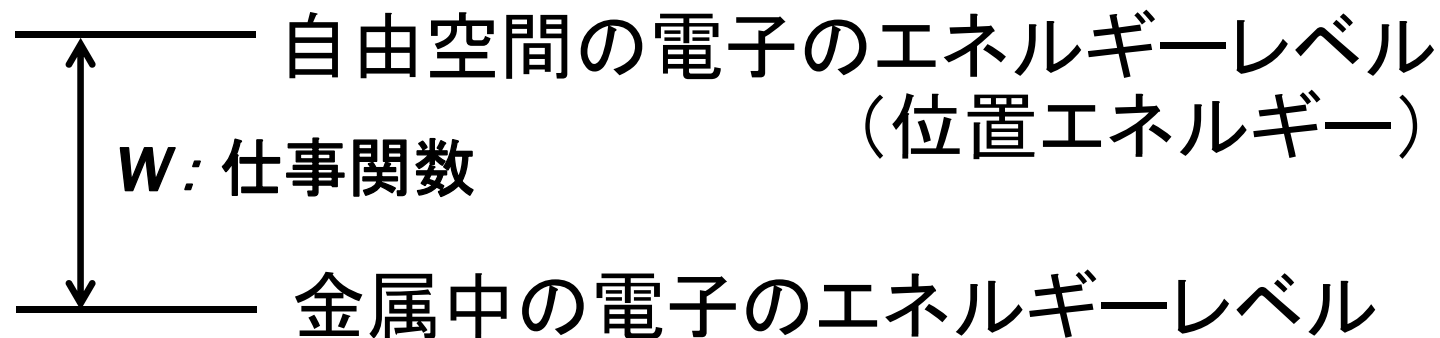
$h\nu$ 光子1個のエネルギー

アインシュタインの光量子仮説

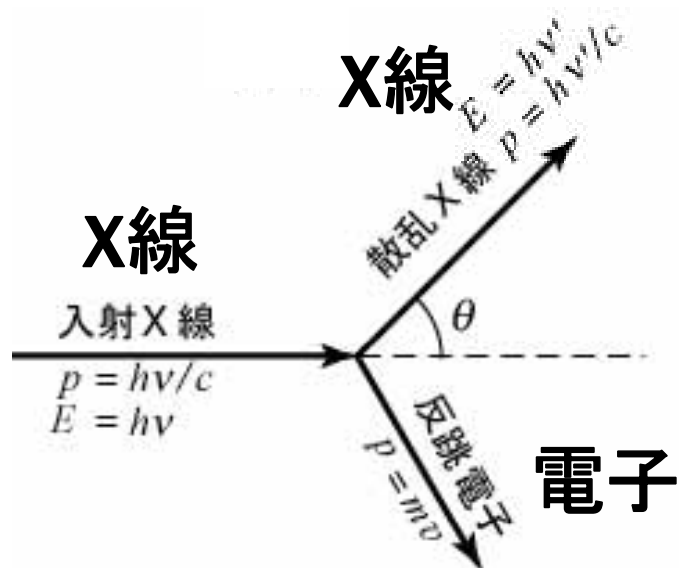
入射光強度 \propto 光子の数 n

$$E = nh\nu$$

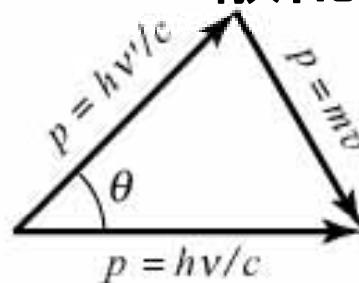
(1905年)



コンプトン散乱: 運動量保存則



X線(波長の短い電磁波)を黒鉛に照射して、散乱角 θ と散乱X線の波長の関係を測定(1923年)



$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta)$$

エネルギー保存則+運動量保存則

光子1個の運動量: $p = h/\lambda$



粒子の波動性

光の粒子性

光子(1個)のエネルギー $E = h\nu$
運動量 $p = h/\lambda$



de Broglie

粒子の波動性

$$p = mv$$
$$E = 1/2 mv^2$$



ド・ブロイの
物質波

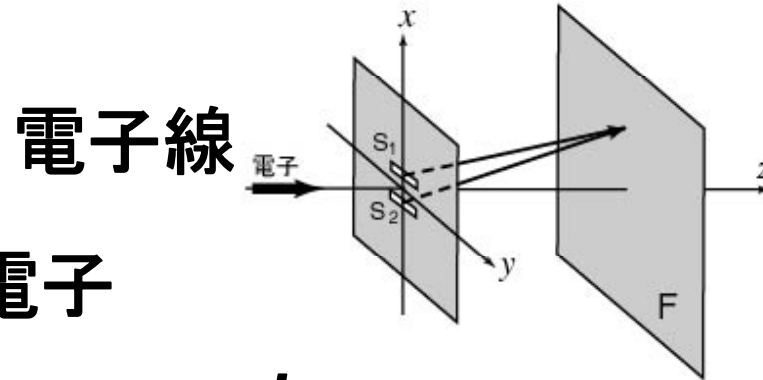
$$p = h/\lambda$$
$$E = h\nu$$

(1924年)



電子の波動性

電子線の回折



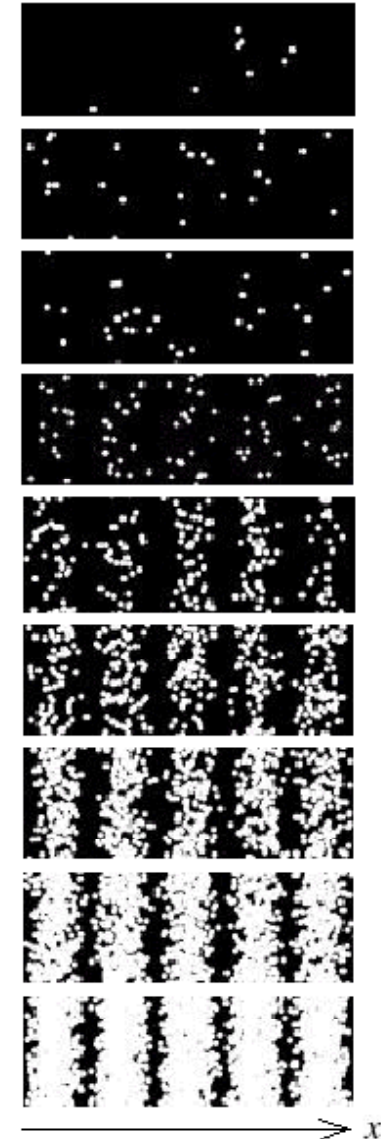
10 kVで加速した電子

$$E = \frac{p^2}{2m} = eV \quad \lambda = \frac{h}{p} \sim 0.1 \text{ nm}$$

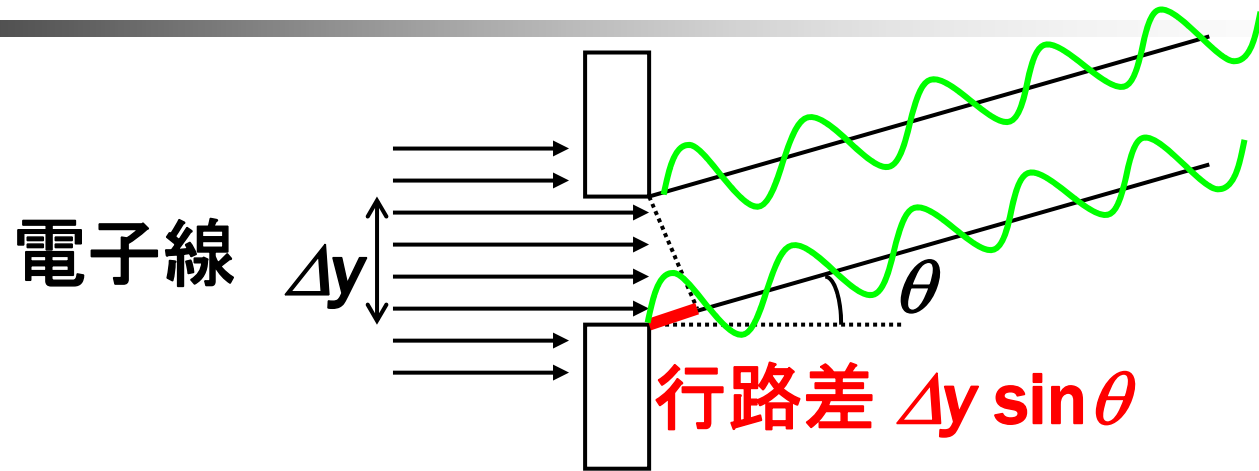
→ 原子間距離に近いため、
結晶構造(原子配列)を
調べる手段

100 gの球が10 m/sで運動しても、

$$\lambda \sim 10^{-33} \text{ m}$$



不確定性原理



波が強めあう条件: $\Delta y \sin \theta = n\lambda$

➡ 運動量のy成分の不確定性 $\frac{\Delta p_y}{p} \sim 2 \sin \theta = \frac{2\lambda}{\Delta y}$

➡ $\Delta y \Delta p_y \sim 2p\lambda \sim 2h$ **不確定性関係**
(より厳密には $\Delta y \Delta p_y \geq h/4\pi$)