

# 第1章 粒子性と波動性

§ 1. 1 光の粒子性

§ 1. 2 電子の波動性

§ 1. 3 『量子』とは何か？

## 光電効果の実験

レーナルト(1902)

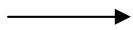
殺菌灯

亜鉛板など

光とは何か？

電磁波の一種, 光速で伝わる波。

## ヤングのスリットの実験



明るい縞  
(強め合う干渉)

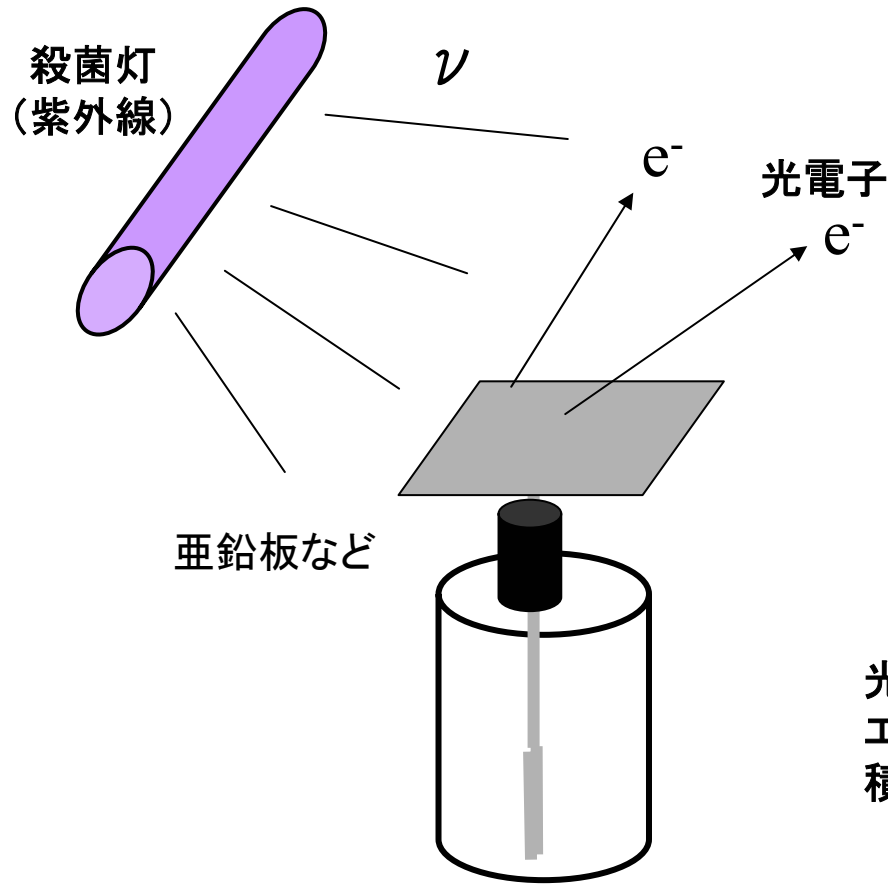
暗い縞  
(弱め合う干渉)

干渉縞は『光＝波』の証拠。

帯電棒を使って負に  
帯電させ、箔を開か  
せておく。

殺菌灯の光を当てるとどうなるか？

## § 1. 1 光の粒子性



光電効果の実験

実験結果:

- (1) 金属に特有なある値の  $\nu_0$  [Hz] より小さい光をあてても光電子は飛び出さない。
- (2) 光電子の運動エネルギーは、光の強さに関係なく光の振動数  $\nu$  が大きいと大きくなる。
- (3) 飛び出す光電子の数は、光の強さに比例。
- (4) どんなに弱い光でも、 $\nu_0$  [Hz] より大きい振動数の光を当てると、光電子が出てくる。

$\nu_0$  [Hz] は、**限界振動数**と呼ばれる。

光が波であるとしたら、電子が光から受け取るエネルギーは、光の強さと、光を受けた時間の積に比例するはず。

振動数の小さい弱い光でも長時間当てれば、十分なエネルギーを与えられることになり、光が波だとすると、(1), (2), (4)を説明できない。

# 光子

アインシュタインは、振動数  $\nu$  [Hz] の光が、

$$E = h\nu \quad \cdots(1-1)$$

で表されるエネルギー  $E$  (J) を持つ粒子 (= 光子) の流れであるとする考えた。光子の運動量  $p$  は、(1-2) で与えられる。

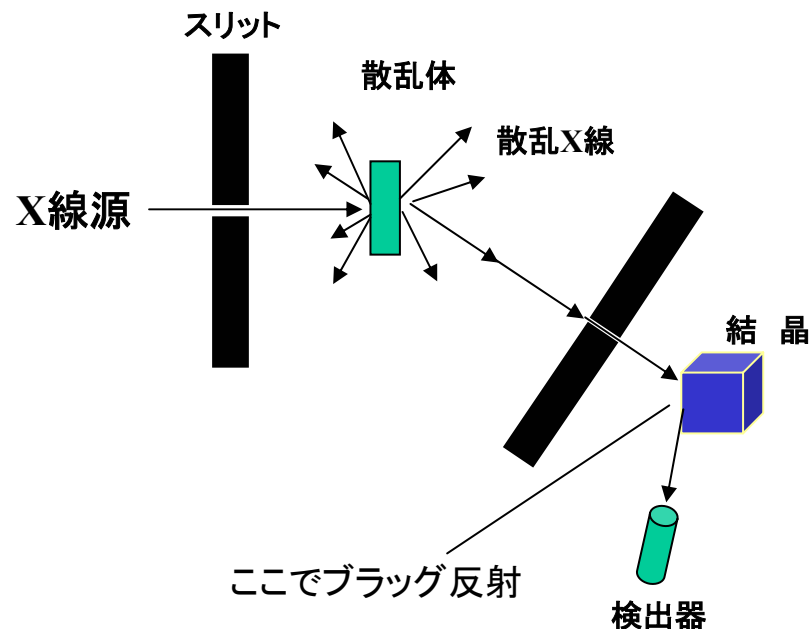
$$p = \frac{E}{c} = \frac{E}{\nu\lambda} = \frac{h}{\lambda} \quad \cdots(1-2)$$

金属内部の電子1個を外部に取り出すのに  $W_0$  以上の仕事が必要であるとする。光電効果が起こるためには、 $W_0$  以上のエネルギーの光子を当てる必要がある。従って、限界振動数  $\nu_0$  は、

$$\nu_0 = \frac{W_0}{h}$$

飛び出した光電子の運動エネルギー  $K$  は、光子のエネルギーより、 $W_0$  の分だけ小さい。

$$K = E - W_0 = h\nu - h\nu_0 \quad \cdots(1-3)$$



物質によって散乱されたX線の中に、もとのX線よりも波長の長いX線が含まれていた。これをコンプトン効果という。

コンプトンは、X線を  $h\nu$  のエネルギーをもつ粒子であると考え、この効果を説明した。

## § 1. 2 電子の波動性

粒子の波長と、運動量の関係は、ド・ブロイの式で関係づけられる。

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \cdots(1-4)$$

電圧  $V$  で加速された電子の運動エネルギーは、電場のした仕事  $eV$  に等しいので、

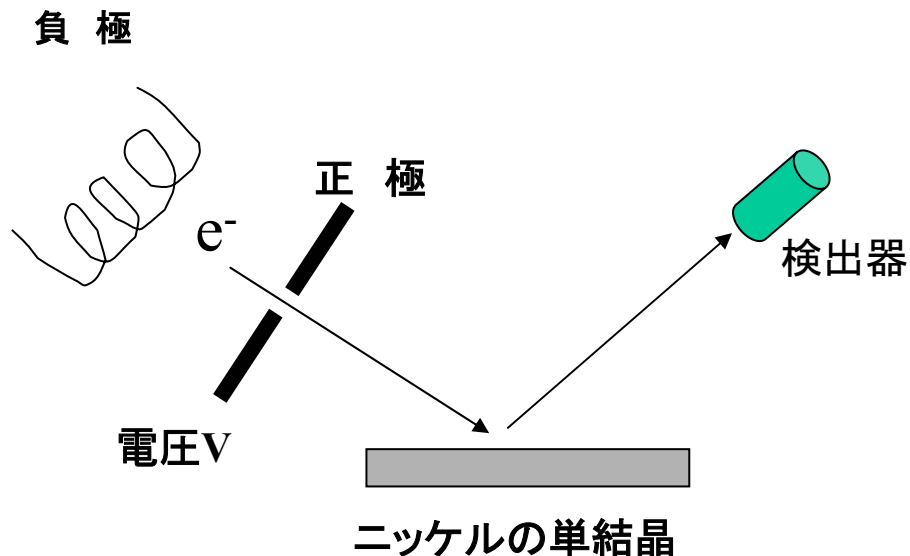
$$eV = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m} \quad \cdots(1-5)$$

(1-5), (1-6)を組み合わせると(1-7)になる。

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meV}} \quad \cdots(1-6)$$

右のように単結晶に加速された電子ビームを当てれば、X線と同様な回折像が観測されるはずである。

### デビソン・ガーマーの実験

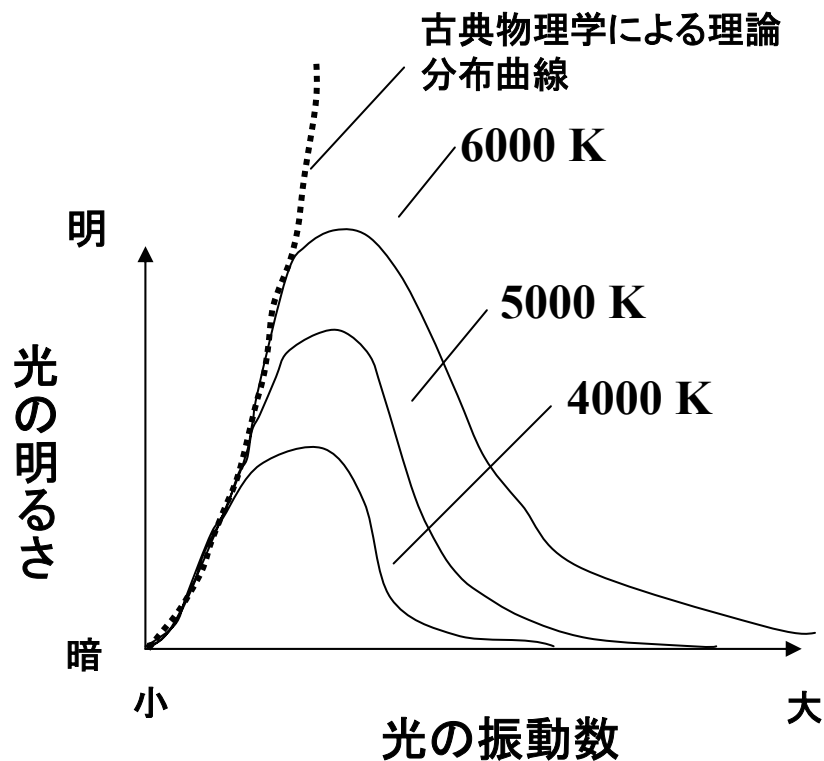


“原子のスケールでは、波動と粒子のどちらか一方からなると考えることができない。”(粒子－波動二重性)

## 黒体輻射

黒体……すべての振動数を吸収・放出する理想的な物体。

黒体輻射……黒体から放出される光



紫外破綻

## § 1. 3 量子とはなにか

### プランクのエネルギー量子仮説

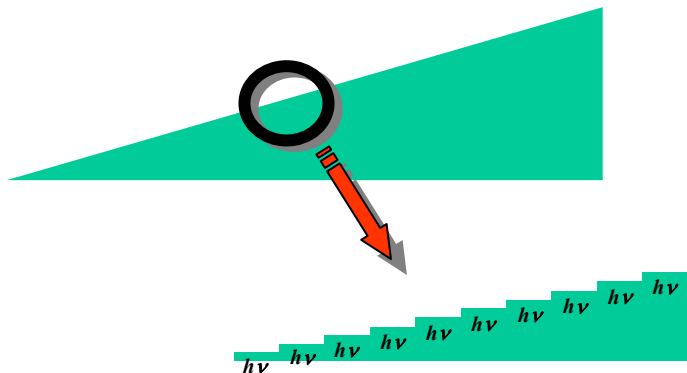
『ある振動数の光(電磁波)が持つエネルギーの値は、振動数にある定数をかけたものを最小単位として、必ずその整数倍になる』

『量子』とは、ひと固まりとして考えられる小さな単位量。光は、

$h\nu$ ,  $2h\nu$ ,  $3h\nu$  ……の値はとれる。

$0.5h\nu$ ,  $1.2h\nu$ , ……のような値はとれない

一見、連続的だが



実際には連続的ではない