

## ド・ブロイの物質波

( )組( )番 氏名( )

電子は「粒子」か「波動」か！

アインシュタインの「光量子説」によると「光」を「エネルギーが  $E = [ \quad ]$ 、運動量が  $p = [ \quad ]$  の粒子(光子 photon)」として「波動」であるはずの光が「粒子」の性質を持つことを示した。ミクロな世界は「何でも有りの世界」で今までの常識が当てはまらないようだ。同じように、「粒子」である電子が「波動」の性質を持つことが起こっても不思議でない。

光子  
エネルギー  
運動量

電子の粒子性では説明できない現象

電子線による干渉 → 結晶に電子線を当てるとX線を当てたときと同じような現象が見られる。

以上の現象は電子が粒子である常識からすると説明できない事実である... (矛盾発生)。電子が波動だとすると、干渉・回折という現象として説明できるのだが... それなら、電子を波動として扱えば良いではないか！ 当然の成り行きであるが、ミクロな世界はますます常識が通用しない世界であるようだ。

ド・ブロイの発想

ド・ブロイ(フランス)は1923年電子は「波動」だとした。電子の速度を  $v$  のとき、運動量が  $p = mv$  であることから、アインシュタインの光量子説(光の運動量は  $p = \frac{h}{\lambda}$ )からの類推から、電子の波長は  $\lambda = [ \quad ]$  と表すことが出来る。これを「ドブロイ波長」という。

電子波(物質波)  
波長

ド・ブロイはアインシュタインと共に物理学の発展の突破口を作った。また、1927年に、デビッソン(アメリカ)がこの電子波の存在を 実験で確認した。光が「波動」と「粒子」という2重の性質を持つだけでなく、電子にも2重性が当てはまることを示した。また、すべての粒子(陽子、中性子、原子など)でもこのような2重性を持つことがわかり、一般的な性質として 粒子は「物質波」として波の性質を持ち、運動量を  $p = mv$  とすると  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$  と表すことが出来る。原子などの微小な世界では、日常の常識的な物理学とは異なり、このように不思議な世界(あるときは粒子として、あるときは波動として振る舞う世界「波動性と粒子性の二重性」)が存在することを示している。この流れから研究が進んで、「量子力学(Quantum Mechanics)」と呼ばれる新しい物理学の分野が1900年代に作り上げられ、現代の科学の中心になってゆくことになる(物理、化学などの狭い範囲ではない)。

初級 加速電圧 1000[V]で加速された電子の波長を求めなさい。

初級 体重 50[kg]の人が 10[m/s]で走っているときの波長を求めなさい。

中堅 電子の波動性が見られるのに、人間の場合に波動性が見られない理由を考えてみなさい。

ド・ブロイの物質波（解説）

( ) 組 ( ) 番 氏名 ( )

電子は「粒子」か「波動」か！

アインシュタインの「光量子説」によると「光」を「エネルギー

が  $E = hv \left( = \frac{hc}{\lambda} \right)$ 、運動量が  $p = \frac{h}{\lambda}$  の粒子（光子 photon）」

として「波動」であるはずの光が「粒子」の性質を持つことを示した。ミクロな世界は「何でも有りの世界」で今までの常識が当てはまらないようだ。同じように、「粒子」である電子が「波動」の性質を持つことが起こっても不思議でない。

実際に、真空容器内で金属に電子を衝突させたとき、跳ね返ってくる電子を測定すると、跳ね返ってくる電子はある特定の向きに集中して分布していることがわかった。電子が粒子である常識からすると説明できない事実である... (矛盾発生)。電子が波動だとすると、干渉・回折という現象として説明できるのだが... それなら、電子を波動として扱えば良いではないか！ 当然の成り行きであるが、ミクロな世界はますます常識が通用しない世界であるようだ。

光子	
エネルギー	$E = hv \left( = \frac{hc}{\lambda} \right)$
運動量	$p = \frac{h}{\lambda}$

ド・ブロイの発想

ド・ブロイ（フランス）は1923年電子は「波動」だとした。アイン

シュタインの光量子説から、「運動量は  $p = \frac{h}{\lambda}$ 」だから、電子の速度

を  $v$  のとき、運動量が  $p = mv$  であることから、電子の波長は

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

と表すことが出来る。これを「ドブロイ波長」という。ド・ブロイはアインシュタインと共に物理学の発展の突破口として大きな一歩となった。また、1927年に、デビッソン（アメリカ）がこの電子波の存在を 実験で確認した。光が「波動」と「粒子」という2重の性質を持つことと合わせて、電子にもその2重性が当てはまることを示した。また、すべての粒子（陽子、中性子、原子など）でもこのような2重性がみつき、一般的には 粒子の運動量を

電子波（物質波）	
波長	$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$

$p = mv$  とすると、  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$  と表すことが出来るため「物質波」と呼ぶ。

原子などの微小な世界では、日常の常識的な物理学とは異なり、不思議な世界が存在することを示している。この流れから、「量子力学 (Quantum Mechanics)」と呼ばれる新しい物理学が1900年代に作り上げられ、現代の物理学につながってゆくことになる。

初級 加速電圧を  $V_0$  とすると、  $eV_0 = \frac{1}{2}mv^2$  だから、電子波の波長は  $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2meV_0}}$  になる。したがっ

て、電子の質量  $m = 9.1 \times 10^{-31}$  [kg]、電気量  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  [C]、プランク定数  $h = 6.6 \times 10^{-34}$  [Js]、加速電圧

$$V_0 = 1000$$
 [V]を代入して、
$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meV_0}} = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1000}} =$$

初級 体重 50[kg]の人が 10[m/s]で走っているときの波長を求めなさい。

中堅 電子の波動性が見られるのに、人間の場合に波動性が見られない理由を考えてみなさい。