$\boxed{367}$

(イ)

光子の運動量 p は

$$p = \frac{E}{c} \xrightarrow{E=h\nu より} \underline{\frac{h\nu}{c}}_{\#}$$

(ロ)

$v = f\lambda$ より $c = \nu\lambda$ なので

$$p = \frac{h\nu}{c} \xrightarrow{\nu = \frac{c}{\lambda} より} \frac{hc}{c\lambda} \rightarrow \frac{h}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \lambda = \underline{\frac{h}{p}}_{\#}\ (ロ)$$

(ハ)

電子の運動量 p が $p = mv$ といえるので

$$\lambda = \underline{\frac{h}{mv}}_{\#}$$

※電子は粒子であるが $\lambda = \frac{h}{mv}$ の波長を持った波としても振る舞うということである。
このように粒子が波動性を持つときの波を「物質波」または「ド・ブロイ波」という。

368

$-e$[C] を V[V] で加速したとき、速さがいくらになるか考える。

仕事と運動エネルギーの関係より

$$eV = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\therefore\ v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

ド・ブロイ波の式より

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

$$= \frac{h}{m\sqrt{\frac{2eV}{m}}}$$

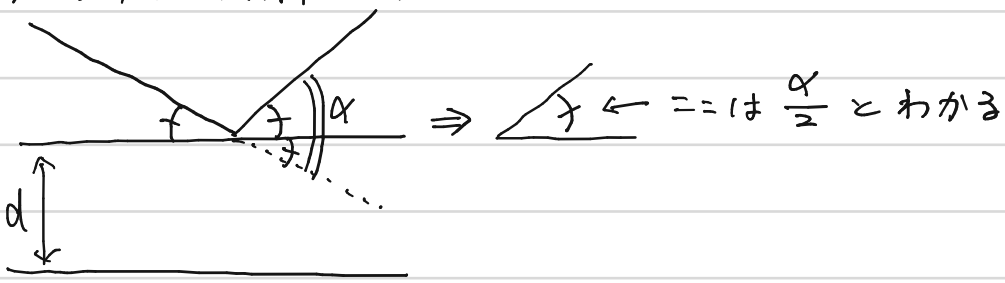
$$= \frac{h}{\sqrt{2meV}}$$

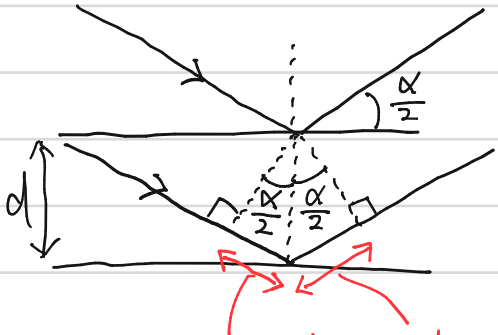
※ ド・ブロイ波の式は使用頻度が低く、忘れがち。
367 のように使用頻度が高く覚えている式、$E = h\nu$ や $p = \frac{E}{c}$ を用いて導けるようになっておこう。

$\boxed{369}$

(1)

ブラッグ反射の経路差を考える.





1次の強め合う干渉の条件式をたてると

$$2d\sin\frac{\alpha}{2} = \lambda_0 \qquad \therefore\ d = \frac{\lambda_0}{2\sin\frac{\alpha}{2}}$$

(2)

加速電圧Vから電子の速さvを求めると,

$$eV = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

ド・ブロイ波の式より, この電子波の波長は

$$\lambda_0 = \frac{h}{mv}$$

$$= \frac{h}{m\sqrt{\frac{2eV}{m}}} = \frac{h}{\sqrt{2meV}}$$

Vについて解いて

$$\lambda_0^2 = \frac{h^2}{2meV} \qquad \therefore\ V = \frac{h^2}{2me\lambda_0^2}$$

$\boxed{370}$

ド・ブロイ波の式より

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

$$\Rightarrow v = \frac{h}{m\lambda}$$

$$= \frac{6.6 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \cdot 1.0 \times 10^{-10}}$$

$$= 0.725\cdots \times 10^{7}$$

$$\fallingdotseq \underline{7.3 \times 10^{6}\ [\mathrm{m/s}]}$$

371

(1)

加速された電子の速さをvとすると

$$eV = \frac{1}{2}mv^2$$

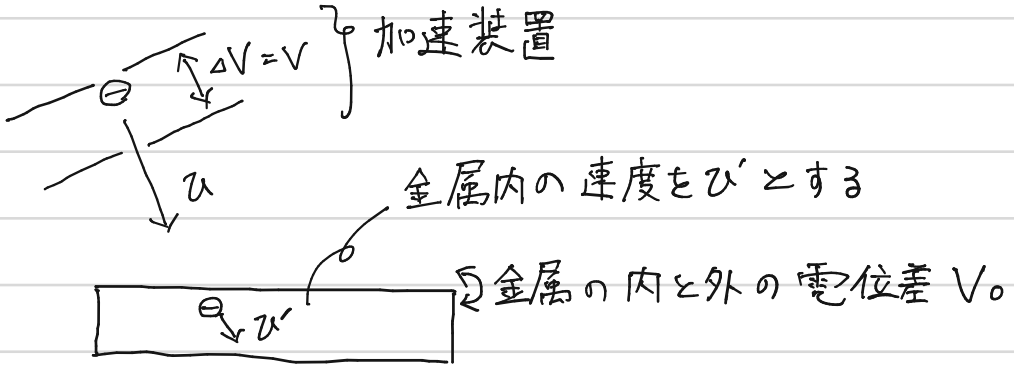
$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

ドブロイ波の式より

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

$$= \frac{h}{m\sqrt{\frac{2eV}{m}}} = \underline{\frac{h}{\sqrt{2meV}}}$$

(2)



加速装置と金属内外の両方の電位差で加速されているので

$$e(V+V_0) = \frac{1}{2}mv'^2$$

$$\therefore v' = \sqrt{\frac{2e(V+V_0)}{m}}$$

運動量を求めると

$$p' = mv'$$

$$= m\sqrt{\frac{2e(V+V_0)}{m}}$$

$$= \underline{\sqrt{2me(V+V_0)}}$$

371 続き

(3)

ドブロイ波の式より

$$\lambda' = \frac{h}{p'} \left(= \frac{h}{mv'} \right)$$

$$= \frac{h}{\sqrt{2me(V+V_0)}} \quad //$$

(4)

波長を用いて屈折の法則を立式すると

$$n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$$

$$\Rightarrow 1 \cdot \lambda = \mu \lambda'$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{\lambda}{\lambda'}$$

$$= \frac{\dfrac{h}{\sqrt{2meV}}}{\dfrac{h}{\sqrt{2me(V+V_0)}}}$$

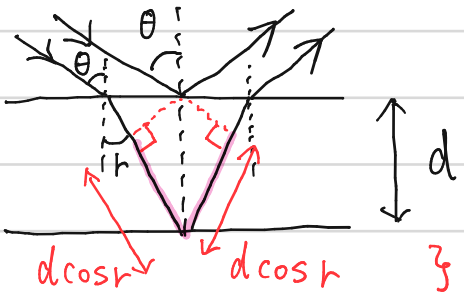
$$= \sqrt{\frac{V+V_0}{V}} \quad //$$

※ ひで屈折の法則を立てるのは誤り。このひは波動としての振る舞いでの速さではないのだ。

371 続き

(5)

経路差を考える。



∴ 経路差は $2d\cos r$（波面----からの長さが経路差）

この経路差が金属板内の波長 λ' の整数倍なら強め合うので

$$2d\cos r = n\lambda' \quad \cdots ①$$

屈折の法則より $\cos r$ を求めると。

$$n_1 \sin\theta = n_2 \sin r$$

$$\Rightarrow 1\cdot\sin\theta = \mu \sin r$$

$$\Rightarrow \sin r = \frac{\sin\theta}{\mu}$$

$\cos^2\theta = 1-\sin^2\theta$ より

$$\cos^2 r = 1-\sin^2 r$$

$$\therefore \cos r = \sqrt{1-\frac{\sin^2\theta}{\mu^2}} \quad \cdots ②$$

また λ' も同様に求めると

$$n_1\lambda_1 = n_2\lambda_2$$

$$1\times\lambda = \mu\lambda'$$

$$\therefore \lambda' = \frac{\lambda}{\mu} \quad \cdots ③$$

① に ②, ③ を代入して

$$2d\sqrt{1-\frac{\sin^2\theta}{\mu^2}} = n\cdot\frac{\lambda}{\mu}$$

$$\therefore \underline{2d\sqrt{\mu^2-\sin^2\theta} = n\lambda}$$

$\boxed{371}$ (5) 続き

※補足

経路差を光路差に直して、元の波長 λ で関係式をたててもよい。

$$(\text{経路差}) = 2d\cos r$$

$$\Downarrow$$

$$(\text{光路差}) = 2n_2 d\cos r$$

$$= 2\mu d\cos r$$

干渉の条件式は

$$2\mu d\cos r = n\lambda \quad \cdots ①$$

こう書くと、初めから③式を組みこんだ条件式ができる