$\boxed{351}$

(ア)

光子の運動量pは

$$p = \frac{E}{c} \xrightarrow{E=h\nu より} \underline{\frac{h\nu}{c}} \text{ //(ア)}$$

(イ)

$v=f\lambda$より $c=\nu\lambda$なので

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

$$\Rightarrow \lambda = \underline{\frac{h}{p}} \text{ //(イ)}$$

(ウ)

電子の運動量pが$p=mv$といえるので

$$\lambda = \underline{\frac{h}{mv}} \text{ //(ウ)}$$

※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。

$\boxed{352}$

$-e$ [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

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

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

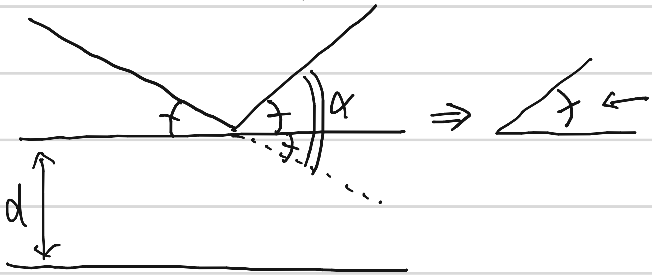
$$= \underline{\underline{\frac{h}{\sqrt{2meV}}}}$$

※ ド・ブロイ波の式は使用頻度が低く、忘れがち。
$\boxed{351}$ 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。

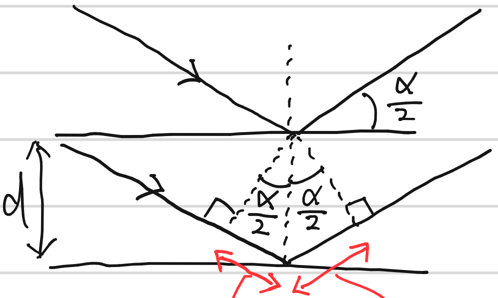
353

(1)

ブラッグ反射の経路差を考える.



← ここは $\frac{\alpha}{2}$ とわかる



$d\sin\frac{\alpha}{2}$　$d\sin\frac{\alpha}{2}$　} この合計が経路差

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

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

$\boxed{354}$

ド・ブロイ波の式より

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

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

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

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

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

$\boxed{355}$

(1)

加速された電子の速さをvとすると

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

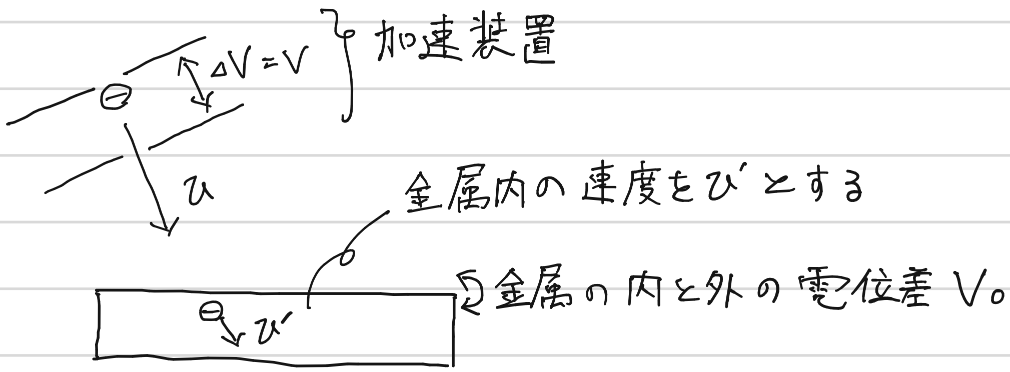
$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

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

$$p' = mv'$$

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

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

$\boxed{355}$ 続き

(3)

ドブロイ波の式より

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

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

(4)

波長を用いて屈折の法則を立式すると

$$n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$$

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

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

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

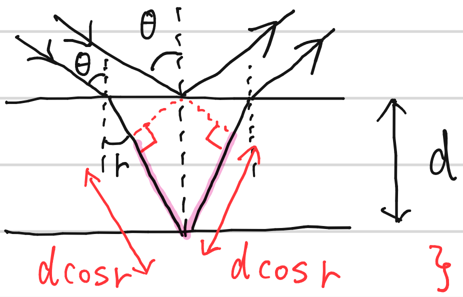
$$= \sqrt{\frac{V+V_0}{V}}$$

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

355 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

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

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

$\boxed{355}$ (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

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

こう書くと. 初めから ①式に③式を組みこんだ条件式ができる