医学部専門予備校　クエスト　解答速報

昭和大学Ⅰ期　医学部　物理　試験日2月4日（金）

1

(1) 運動方程式より、

$$m\frac{v_0^2}{r}=\frac{GMm}{r^2}$$

$$\therefore v_0=\sqrt{\frac{GM}{r}}$$

(2)
$$T_1=\frac{2\pi r}{v_0}$$
$$=2\pi r\sqrt{\frac{r}{GM}}$$

(3) 面積速度一定より
(ケプラー第2法則)

$$\frac{1}{2}rv_A=\frac{1}{2}Rv_B$$

エネルギー保存則より、

$$\frac{1}{2}mv_A^2-\frac{GMm}{r}=\frac{1}{2}mv_B^2-\frac{GMm}{R}$$

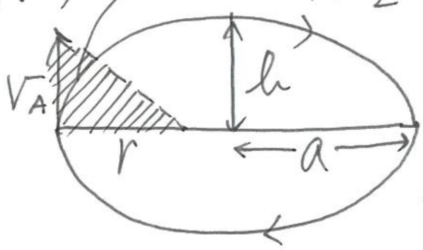
2式からv_Aを消して、

$$\frac{R^2}{r^2}v_B^2-v_B^2=\frac{2GM(R-r)}{Rr}$$

$$\therefore v_B=\sqrt{\frac{2GMr}{R(R+r)}}$$

$$v_A=\frac{R}{r}v_B$$
$$=\sqrt{\frac{2GMR}{r(R+r)}}$$

(4)(5) 面積速度 $\frac{1}{2}rv_A\ (\equiv S)$



$a\equiv\frac{R+r}{2}$

周期 T_2

$$S\cdot T_2=\pi ah\quad\cdots①$$
$$(\mathrm{m^2/s\cdot s}\qquad\qquad \mathrm{m^2})$$

ケプラー第3法則より、

$$\underbrace{\frac{T_2^2}{a^3}}_{K_2}=\underbrace{\frac{T_1^2}{r^3}}_{K_1}\quad\cdots②$$

②より，

$$T_2 = \frac{a}{r}\sqrt{\frac{a}{r}}\,T_1 \quad \left(a \equiv \frac{R+r}{2}\right) \quad \cdots ②'$$

①に代入して，

$$\frac{1}{2} r v_A \cdot \frac{a}{r}\sqrt{\frac{a}{r}}\,T_1 = \pi a l$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2}\cdot\sqrt{\frac{2GMR}{r(R+r)}}\sqrt{\frac{a}{r}}\cdot 2\pi r\sqrt{\frac{r}{GM}} = \pi l$$

$$\therefore l = \sqrt{Rr}$$

②'より，

$$T_2 = \frac{1}{r}\frac{R+r}{2}\sqrt{\frac{1}{r}\cdot\frac{R+r}{2}}\cdot 2\pi r\sqrt{\frac{r}{GM}}$$

$$= \pi\sqrt{\frac{(R+r)^3}{2GM}}$$

(6) 運動方程式より，

$$m\frac{V_C^2}{R} = \frac{GMm}{R^2}$$

$$\therefore V_C = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}mV_B^2 + Q = \frac{1}{2}mV_C^2$$

$$\therefore Q = \frac{1}{2}m\left(\frac{GM}{R} - \frac{2GMr}{R(R+r)}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\cdot\frac{GmM}{R(R+r)}(R-r)$$

ごく標準的な内容である。
(4)だけは少し難しいかも知れない。
「楕円の知識がない」と焦った人もいたであろうが，これは物理の問題であり，物理法則を適用して解きたいところである。解けなかった人は，「数学知識の不足」ではなく，①が立式できなかったのである。①を身につけてほしい。

改めて，① について，

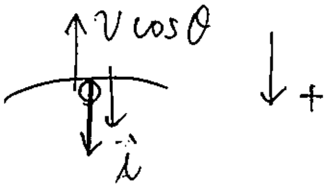
$$T = \frac{\pi a l}{S} = \frac{面積}{面積速度}$$

(2) において，

$$T_1 = \frac{2\pi r}{V_0} = \frac{\pi r^2}{\frac{1}{2}V_0 r} = \frac{面積}{面積速度}$$

$\boxed{2}$

(1)



運動量の定理より、

$$m(-v\cos\theta) + i = mv\cos\theta$$

$$\therefore i = 2mv\cos\theta$$

(2) $2r\cos\theta$

(3) $\tau = \dfrac{2r\cos\theta}{v}$ ごとに1回衝突する。よって、単位時間あたりの衝突回数は $\dfrac{1}{\tau} = \dfrac{v}{2r\cos\theta}$.

よって、時間 t では

$$\frac{1}{\tau}\times t = \frac{vt}{2r\cos\theta}$$

衝突する。

1分子が壁に与える力積（時間t）

$$i\cdot\frac{t}{\tau} = 2mv\cos\theta\cdot\frac{vt}{2r\cos\theta}$$

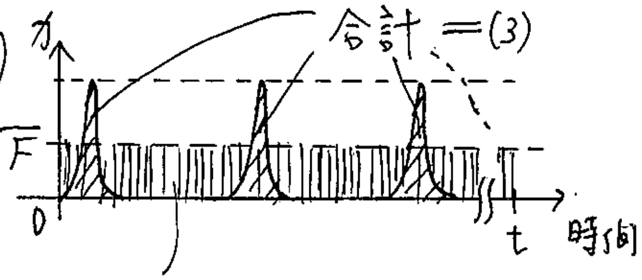
$$= \frac{mv^2t}{r}$$

1分子全体では、

$$I = i\frac{t}{\tau}\times nN_A$$

$$= nN_A\frac{m\overline{v^2}t}{r}$$

(4)



$$\underbrace{\overline{F}\cdot t = (3)}_{\text{こうなるように}\overline{F}\text{を定義する。}}$$

$$\overline{F}\cdot t = nN_A\frac{m\overline{v^2}}{r}t$$

$$\therefore \overline{F} = nN_A\frac{m\overline{v^2}}{r}$$

$$\therefore P = \frac{\overline{F}}{S} = \frac{1}{4\pi r^2}\cdot\frac{nN_A m\overline{v^2}}{r}$$

$$= \frac{nN_A m\overline{v^2}}{4\pi r^3}$$

(5) $PV = nRT$ かつ (4)の答えより、

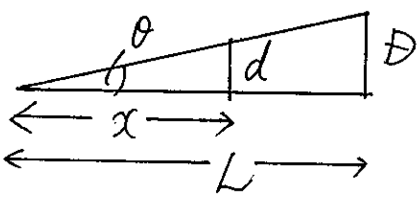
$$PV = P\cdot\frac{4}{3}\pi r^3 = \underbrace{\frac{1}{3}nN_A m\overline{v^2} = nRT}$$

$$\therefore \frac{1}{2}m\overline{v^2} = \frac{3}{2}\underbrace{\boxed{\frac{R}{N_A}}}_{\text{ボルツマン定数}}T$$

定期テストレベルである。完答すべき問題である。

$\boxed{3}$

(1)



$$d = x\tan\theta$$
$$= x\frac{D}{L}$$

$$\therefore 経路差 = 2d$$
$$= \frac{2Dx}{L}$$

(2) $$\frac{2Dx}{L} = \left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda$$

(3) (2)より、

$$x = \left(m+\frac{1}{2}\right)\boxed{\frac{L\lambda}{2D}}$$ 公差のよう

$$\therefore \Delta x = \Delta m\cdot\frac{L\lambda}{2D}$$
$$= \frac{L\lambda}{2D}\quad(\because \Delta m = 1)$$

(4) 赤色の単色光の波長の方が青色のそれよりも長い。(3)より、間隔は波長に比例するので、明線間隔は広くなる。

(5) (3)より、

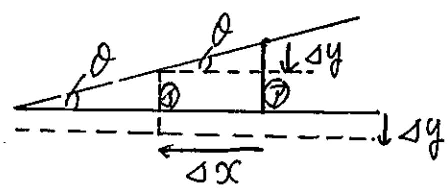
$$D = \frac{L\lambda}{2\Delta x}$$
$$= \frac{10\times10^{-2}\,\mathrm{m}\times660\times10^{-9}\,\mathrm{m}}{2\times1.0\times10^{-3}\,\mathrm{m}}$$
$$= 3.3\times10^{-5}\,\mathrm{m}$$

(おおよそ髪の毛の太さ)

(6) $$\Delta x' = \frac{L}{2D}\,\frac{\lambda}{n}$$
$$= \frac{\Delta x}{n}$$
$$\therefore n = \frac{\Delta x}{\Delta x'} = \frac{1.0\,\mathrm{mm}}{0.67\,\mathrm{mm}}$$
$$= 1.5$$

(7) (3)より、Δxは一定値である(dによらない)。つまり、変化しない。

(8)



$$\Delta y = \Delta x\tan\theta$$
$$= \Delta x\cdot\frac{D}{L}$$

(㋐の長さが実現する位置は㋑である)

基本問題である。完答必須。

$\boxed{4}$

(1) $2d\sin\theta$

(2) ブラッグの条件式より、

$2d\sin\theta = n\lambda$ …㊄

(3) エネルギー保存則より、

$$\frac{1}{2}mv^2 = e\Delta\phi$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{2e\Delta\phi}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2\times1.6\times10^{-19}\,\mathrm{C}\times11.4\times10^{2}\,\mathrm{V}}{9.11\times10^{-31}\,\mathrm{kg}}}$$

$$\approx 2.00\times10^{7}\,\mathrm{m/s}$$

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

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}}{9.11\times10^{-31}\,\mathrm{kg}\times2\times10^{7}\,\mathrm{m/s}}$$

$$\approx 3.64\times10^{-11}\,\mathrm{m}$$

（格子面間隔に近いオーダー）

(4) ㊄のnの値がいくらなのかを知りたい。

⇒ $\theta = 50^\circ$として計算する。

$$n = \frac{2d\sin\theta}{\lambda}$$

$$= \frac{2\times1.8\times10^{-10}\,\mathrm{m}\times0.766}{3.64\times10^{-11}\,\mathrm{m}}$$

$$= 7.5\ldots$$

いま、$\theta > 50^\circ$で考えているので

$$n = 8$$

として（∵㊄より、$n \propto \sin\theta$）

$$\sin\theta_1 = \frac{n\lambda}{2d}$$

$$= \frac{8\times3.64\times10^{-11}\,\mathrm{m}}{2\times1.8\times10^{-10}\,\mathrm{m}}$$

$$\approx 0.808$$

数値計算がやや面倒であるが、内容は典型的である。1問も落とせない。

$\boxed{1}$〜$\boxed{4}$はいずれも基本〜標準であり、満点続出ではないだろうか。