2020 兵庫医科大学

$\boxed{5}$

(1) ① ベクレル (Bq) ② 吸収線量 ③ グレイ (Gy) ④ 被曝 ⑤ 等価線量 ⑥ シーベルト (Sv)

(2) ⑤ (a) は 2400 μSv, (b) は 200 μSv (c) は 7000 μSv

(3) $156 \times \frac{0.012}{100} \times \frac{1}{39.1} \times 6.0 \times 10^{23} = 2.9 \times 10^{20}$ 個

(4) (3) の値を N_0 とする. t 秒後の $^{40}_{19}K$ の個数を N として

$$N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{4.0\times10^{16}}}$$

1秒後の減少量は $N_0 - N(1) = N_0\left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{4.0\times10^{16}}}\right) \fallingdotseq N_0\left(1 - 1 + \frac{0.69}{4.0\times10^{16}}\right)$

$$= 2.9 \times \cancel{10^{20}}^{\,10^{4}} \times \frac{0.69}{4.0 \times \cancel{10^{16}}} = 5.0 \times 10^{3} \text{ Bq}$$

(5) 影響を最小限にするには、できるかぎり距離をとり、なるべく接触時間を減らし、

鉛など放射線を遮断するものでできる限り遮断する.

2020 兵庫医科大学

$\boxed{4}$ I

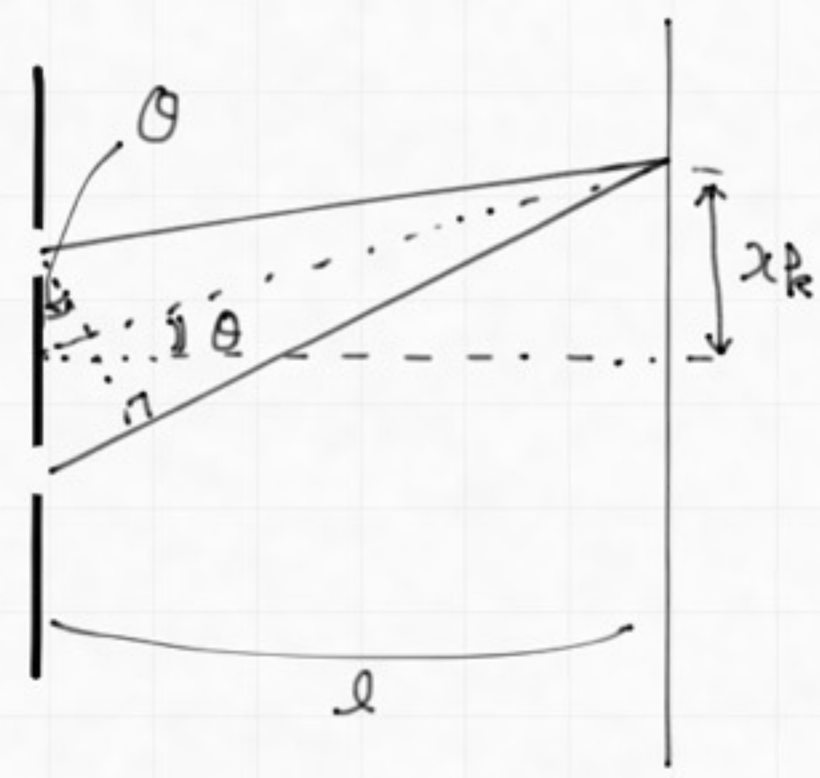
(1) 媒質2の屈折率をnとして $\dfrac{v_2}{v_1}=\dfrac{1}{n}=\dfrac{\lambda_2}{\lambda_1}$　また $v_1=f_0\lambda_1$

これらより $\lambda_2=\dfrac{\lambda_1}{n}=\dfrac{v_1}{f_0}\times\dfrac{v_2}{v_1}=\boldsymbol{\dfrac{v_2}{f_0}}$

II (2) ドップラー効果の公式より $f=f_0\times\dfrac{v_1}{v_1-V}=\boldsymbol{\dfrac{v_1f_0}{v_1-V}}$

(3) $\lambda_2'=\dfrac{v_2}{f}=\boldsymbol{\dfrac{v_2(v_1-V)}{v_1f_0}}$

III (4) 強めあう条件は



$$\frac{d\sin\theta}{\lambda_2'}\times 2\pi = 2\pi\times k \qquad (k=0,\pm1,\cdots)$$

$$d\sin\theta = k\cdot\frac{v_2(v_1-V)}{v_1f_0}$$

$\sin\theta\fallingdotseq\tan\theta=\dfrac{x_k}{l}$ を代入 整理して

$$x_k=\frac{klv_2(v_1-V)}{dv_1f_0} \qquad x_{k+1}-x_k=\boldsymbol{\frac{lv_2(v_1-V)}{dv_1f_0}}$$

III (5) (4)で v_1-V が v_1 になるので間隔は大きくなり

$$\Delta x=\frac{lv_2}{df_0}-\frac{lv_2(v_1-V)}{dv_1f_0}=\boldsymbol{\frac{lv_2V}{dv_1f_0}}$$

2020 兵庫医科大学

$\boxed{3}$ I

(1) 速度が (v_x, v_y, v_z) から $(v_x, v_y, -v_z)$ に変わるので z 方向の運動量が $mv_z \to m(-v_z)$ に変化する　$\Delta p = -2mv_z$　　$\therefore\ |\Delta p| = \mathbf{2mv_z}$

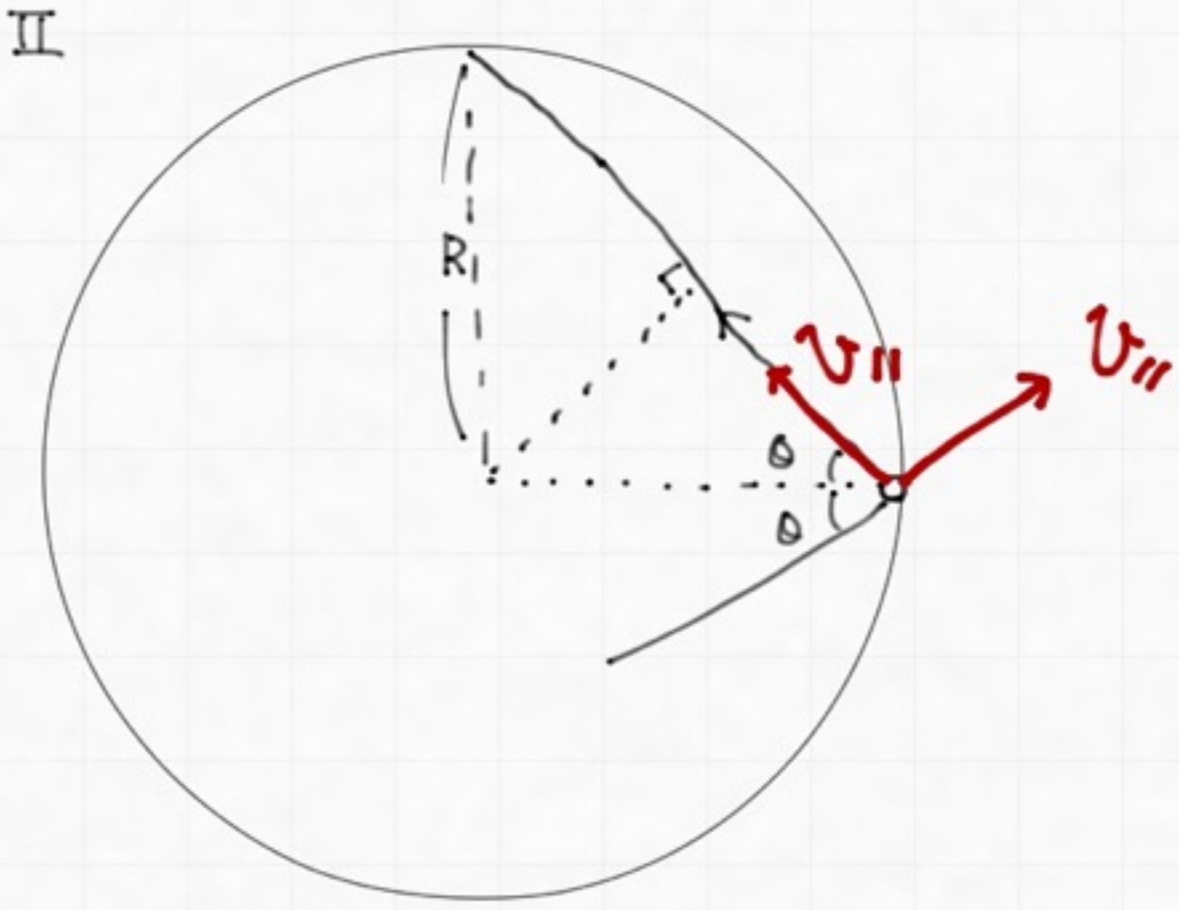
(2) 往復にかかる時間は $\dfrac{2L}{v_z}$　したがって単位時間あたりの衝突回数は $\mathbf{\dfrac{v_z}{2L}}$

(3) 1つの分子が単位時間にあたえる力積は　$2mv_z \times \dfrac{v_z}{2L} = \dfrac{m}{L}v_z^2$

Nコの分子が単位時間にあたえる力積は　$\dfrac{m}{L}\overline{v_z^2} \times N$

Nコの分子による圧力は　$\dfrac{m\overline{v_z^2}N}{L} \times \dfrac{1}{\pi R^2} = \mathbf{\dfrac{m\overline{v_z^2}N}{\pi R^2 L}}$

II



(4) 左図より　$\mathbf{2mv_{/\!/}\cos\theta}$

(5) 次の衝突までに要する時間は $\dfrac{2R\cos\theta}{v_{/\!/}}$

したがって単位時間あたりの衝突回数は $\mathbf{\dfrac{v_{/\!/}}{2R\cos\theta}}$

(6) 1つの分子が単位時間にあたえる力積は

$$\cancel{2}mv_{/\!/}\cancel{\cos\theta} \times \frac{v_{/\!/}}{\cancel{2}R\cancel{\cos\theta}} = \frac{mv_{/\!/}^2}{R}$$

Nコの分子による圧力は

$$\frac{m\overline{v_{/\!/}^2}}{R} \times N \times \frac{1}{2\pi RL} = \mathbf{\frac{m\overline{v_{/\!/}^2}N}{2\pi R^2 L}}$$

III

(7) $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$ および $\overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2} = \overline{v^2}$ より

$\overline{v_x^2} = \mathbf{\dfrac{1}{3}\overline{v^2}}$,　$\overline{v_{/\!/}^2} = \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2} = \mathbf{\dfrac{2}{3}\overline{v^2}}$

(8) $\overline{E} = \dfrac{1}{2}m\overline{v^2}$,　$V = \pi R^2 \times L$

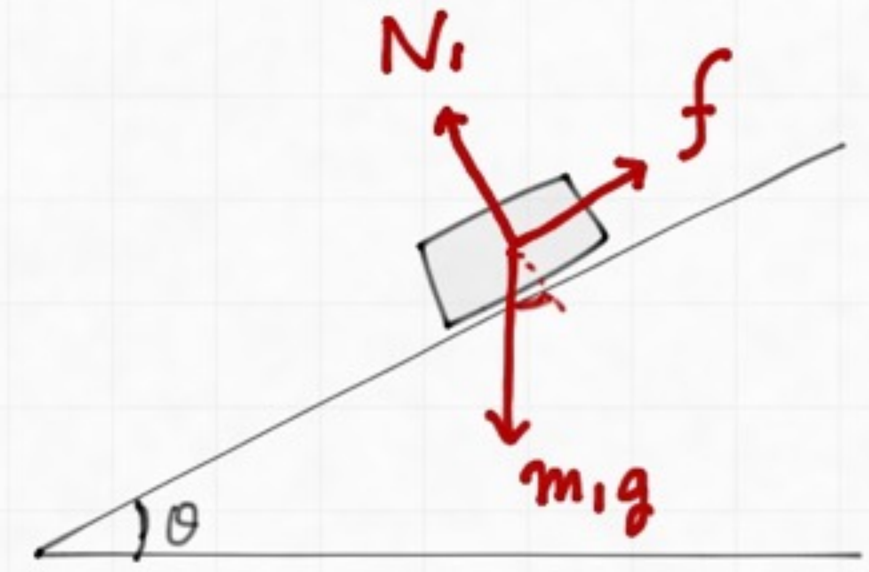
$$P_u = \frac{m\overline{v_x^2}N}{\pi R^2 L} = \frac{mN\overline{v^2}}{3\pi R^2 L} = \frac{2N\overline{E}}{3V}$$

$$P_s = \frac{m\overline{v_{/\!/}^2}N}{2\pi R^2 L} = \frac{mN\overline{v^2}}{3\pi R^2 L} = \frac{2N\overline{E}}{3V}$$

$\therefore\ P_u = P_s$

2020 兵庫医科大学

I (1) 静止摩擦力をfとして

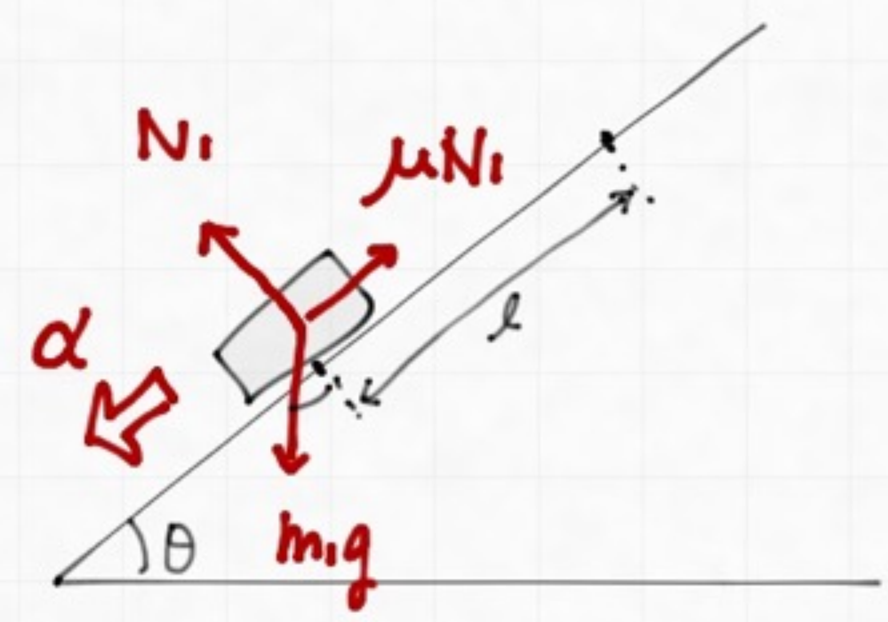


$$\begin{cases} N_1 = m_1 g\cos\theta \\ m_1 g\sin\theta = f \leqq \mu_0 N_1 \end{cases}$$

$\theta=\theta_0$のとき、等号成立するので

$$m_1 g\sin\theta_0 = \mu_0 m_1 g\cos\theta_0 \qquad \therefore\ \mu_0 = \tan\theta_0$$

II (2) 加速度をαとすると



$$\begin{cases} m_1\alpha = m_1 g\sin\theta - \mu_1' N_1 \\ N_1 = m_1 g\cos\theta \end{cases}$$

$$v = \alpha t\ ,\quad l = \frac{1}{2}\alpha t^2$$

以上の式を連立

$$\alpha = g\sin\theta - \mu_1' g\cos\theta$$

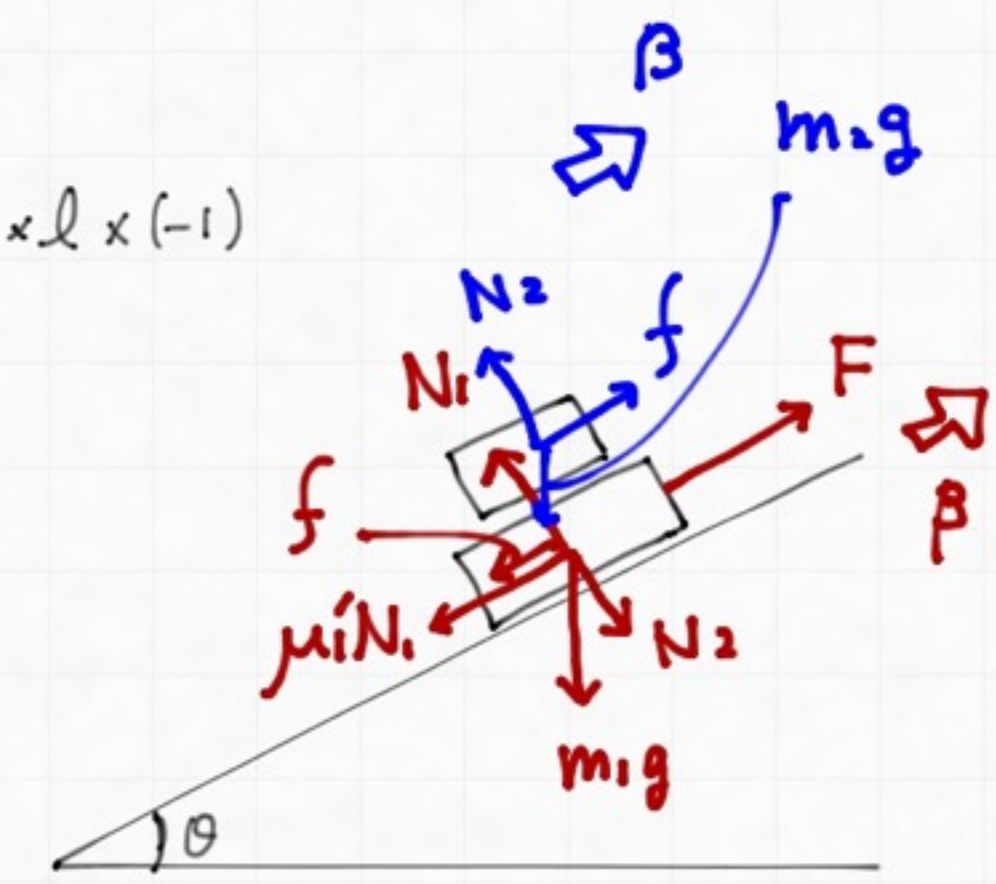
$$l = \frac{1}{2}g(\sin\theta - \mu\cos\theta)t^2 \iff \frac{2l}{gt^2} = \sin\theta - \mu_1'\cos\theta$$

$$\iff \mu_1' = \tan\theta - \frac{2l}{gt^2\cos\theta}$$

(3) $\text{仕事} = \mu_1' N_1 \times l \times \cos 180^\circ = \left(\tan\theta - \frac{2l}{gt^2\cos\theta}\right) m_1 g\cos\theta \times l \times (-1)$

$$= -m_1 g l\left(\sin\theta - \frac{2l}{gt^2}\right) = m_1 g l\left(\frac{2l}{gt^2} - \sin\theta\right)$$

III (4)



物体1 $\begin{cases} m_1\beta = F - f - \mu_1' N_1 - m_1 g\sin\theta & \cdots① \\ N_1 = N_2 + m_1 g\cos\theta & \cdots② \end{cases}$

物体2 $\begin{cases} m_2\beta = f - m_2 g\sin\theta & \cdots③ \\ N_2 = m_2 g\cos\theta & \cdots④ \end{cases}$, $f \leqq \mu_2 N_2 \cdots⑤$

③より $\beta = \frac{f}{m_2} - g\sin\theta$ を①に代入（②④も順に代入）

$$\frac{m_1}{m_2}f - \cancel{m_1 g\sin\theta} = F - f - \mu_1'(m_2 g\cos\theta + m_1 g\cos\theta) - \cancel{m_1 g\sin\theta}$$

$$\frac{m_1+m_2}{m_2}f = F - \mu_1' g\cos\theta(m_1+m_2) \qquad \therefore\ f = \frac{m_2}{m_1+m_2}F - \mu_1' m_2 g\cos\theta$$

(5) ⑤に(4), ④を代入

$$\frac{\cancel{m_2}}{m_1+m_2}F - \mu_1'\cancel{m_2}g\cos\theta \leqq \mu_2\cancel{m_2}g\cos\theta$$

$$F \leqq (\mu_2 g\cos\theta + \mu_1' g\cos\theta)(m_1+m_2) = (m_1+m_2)(\mu_1'+\mu_2)g\cos\theta$$

ΔI は $\Delta I = \dfrac{e\Delta v}{2\pi r} = \dfrac{e}{2\pi \cancel{r}} \times \dfrac{eB\cancel{r}}{2m} = \dfrac{e^2B}{4\pi m}$ だけ増加する

(11) $B' = \mu_0 \dfrac{I}{2r} = \dfrac{\mu_0}{2r} \times \dfrac{ev}{2\pi r} = \dfrac{\mu_0 ev}{4\pi r^2}$ だったから

$\Delta B' = \dfrac{\mu_0 e}{4\pi r^2}\Delta v = \dfrac{\mu_0 e}{4\pi r^{\cancel{2}}} \times \dfrac{eB\cancel{r}}{2m} = \dfrac{\mu_0 e^2 B}{8\pi mr}$ だけ増加する.

下向きに加えたBの大きさの外部磁場の分は減っているので

$\dfrac{\mu_0 e^2 B}{8\pi mr} - B$ だけ増加している.

2020 兵庫医科大学

$\boxed{1}$

I(1) 原子核の電荷 Q および電子の電荷 e に比例，距離 r の2乗に反比例する

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\times\frac{Qe}{r^2}$$

(2) 円運動の運動方程式

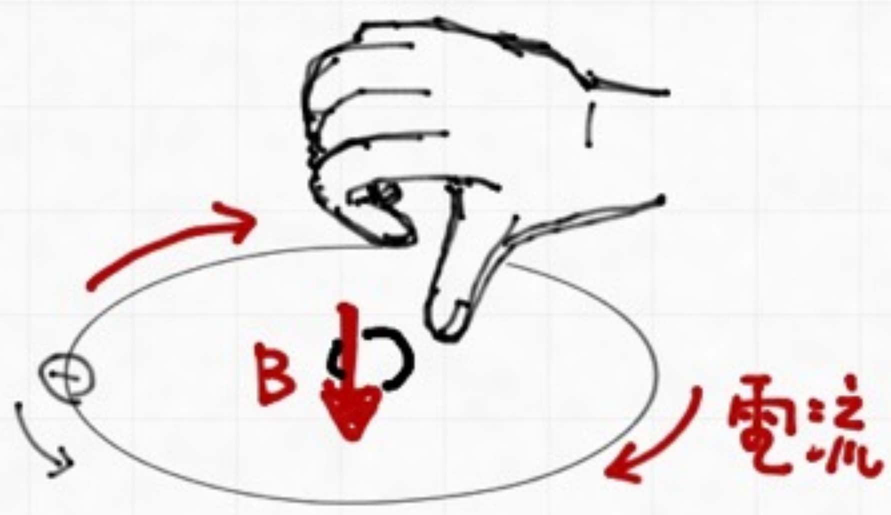
$$m\frac{v^2}{r}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qe}{r^2} \quad \text{より} \quad v=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{Qe}{\pi\varepsilon_0 mr}}$$

(3) 円運動の周期 T は

$$T=\frac{2\pi r}{v} \qquad f=\frac{1}{T}=\frac{v}{2\pi r}=\frac{1}{4\pi r}\sqrt{\frac{Qe}{\pi\varepsilon_0 mr}}$$

(4) 電流は単位時あたりに通過する電気量だから

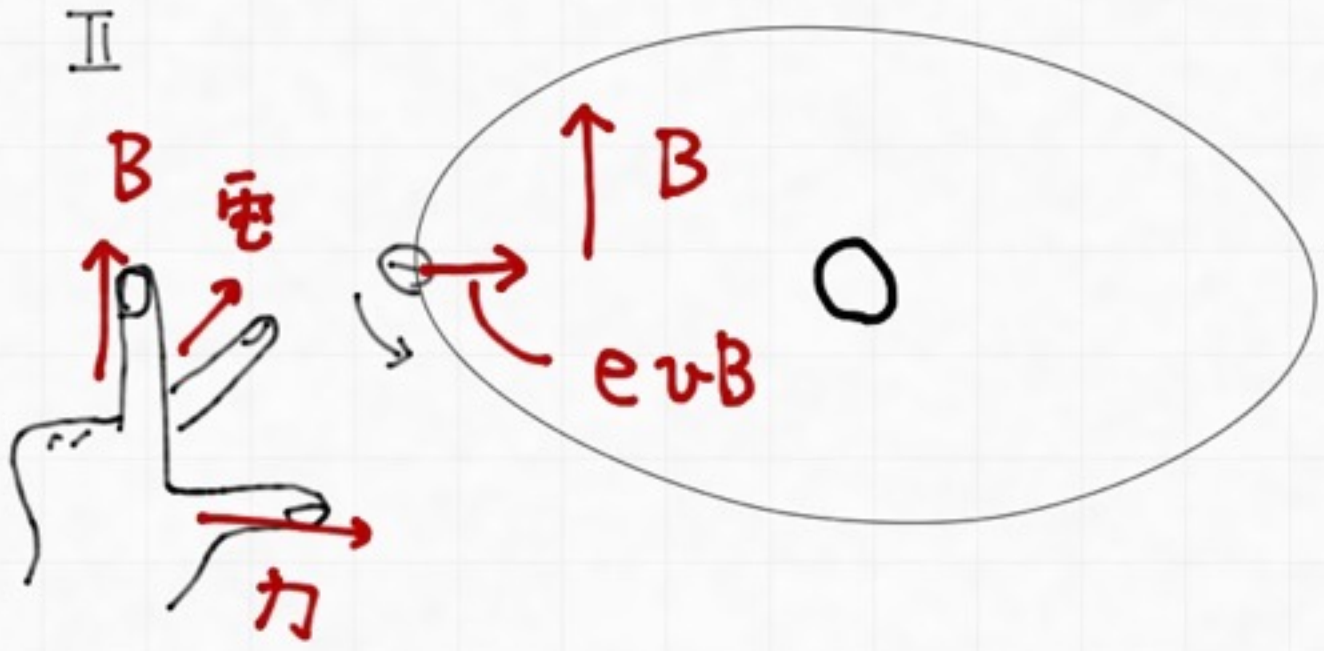
$$I=e\cdot\frac{1}{T}=\frac{e\sqrt{Qe}}{4\pi\sqrt{\pi\varepsilon_0 mr}}$$



(5) $$B=\mu_0\frac{I}{2r}=\frac{\mu_0 e\sqrt{Qe}}{8\pi r\sqrt{\pi\varepsilon_0 mr}}$$

(6) 電子は負の電荷をもつので，電流は電子と逆向きに流れていることになる。
このとき生じる磁場の向きは右ねじの法則より z 軸負の方向となる　⑥

Ⅱ



(7) ローレンツ力の大きさは　evB (N)
向きは進行方向と垂直で 左手の法則より
電子から原子核に向かう向き　⑦

(8) 遠心力，ローレンツ力，静電気力の3力がつりあっている

$$m\frac{v^2}{r}=evB+\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{eQ}{r^2} \iff mv^2-eBr\,v-\frac{eQ}{4\pi\varepsilon_0 r}=0$$

解の公式を用いて

$$v=\frac{eBr\pm\sqrt{e^2B^2r^2+\dfrac{meQ}{\pi\varepsilon_0 r}}}{2m}$$

$v>0$ だから $$v=\frac{1}{2m}\left(eBr+\sqrt{e^2B^2r^2+\frac{meQ}{\pi\varepsilon_0 r}}\right)$$

(9) $$v\fallingdotseq\frac{1}{2m}\left(eBr+\sqrt{\frac{meQ}{\pi\varepsilon_0 r}}\right)=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{eQ}{\pi m\varepsilon_0 r}}+\frac{eBr}{2m}$$

(10) 速度を v として $I=\dfrac{ev}{2\pi r}$ と表せるので