第 1 問

問1

求める速さを v, カプセルの質量を m_0 とすると．

$$m_0\frac{v^2}{r} = G\frac{Mm_0}{r^2} \qquad v=\underline{\sqrt{\frac{GM}{r}}}$$

$$\text{周期：}\ \frac{2\pi r}{v} = \underline{2\pi r\sqrt{\frac{r}{GM}}} \qquad \text{角速度：}\ \frac{v}{r} = \underline{\frac{1}{r}\sqrt{\frac{GM}{r}}}$$

問2

$$-G\frac{Mm}{(r+x)^2} = -\frac{GMm}{r^2}\left(1+\frac{x}{r}\right)^{-2}$$

$$\fallingdotseq \underline{-\frac{GMm}{r^2}\left(1-2\frac{x}{r}\right)}$$

問3

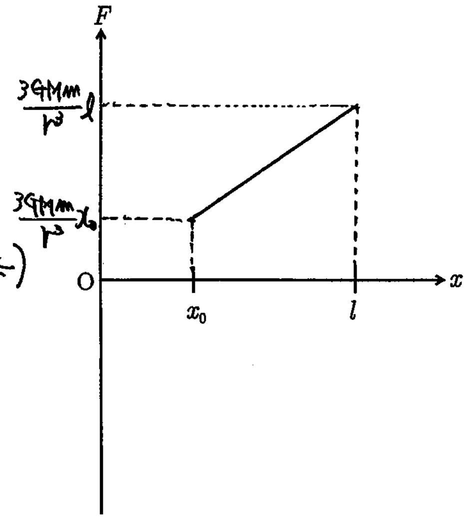
x における遠心力は

$$m(r+x)\left(\frac{1}{r}\sqrt{\frac{GM}{r}}\right)^2$$

$$=\frac{GMm}{r^2}\left(1+\frac{x}{r}\right) \quad \text{だから}$$

$$F=-\frac{GMm}{r^2}\left(1-2\frac{x}{r}\right)+\frac{GMm}{r^2}\left(1+\frac{x}{r}\right)$$

$$=\underline{\frac{3GMm}{r^3}x}$$



問4

問3のグラフの面積より， $\underline{\frac{3GMm}{2r^3}\left(l^2-x_0^2\right)}$

問5

求める値を u として

$$\frac{1}{2}mu^2 = \frac{3GMm}{2r^3}\left(l^2-x_0^2\right) \quad \text{より} \quad u=\underline{\sqrt{\frac{3GM}{r^3}\left(l^2-x_0^2\right)}}$$

第 2 問

問 1

$$\pi r^2 \cdot \frac{\omega \times 1}{2\pi} = \underline{\frac{1}{2} r^2 \omega}$$

問 2

単位時間あたりに横切る磁束は誘導起電力の大きさに等しいので,

$$B \cdot \frac{1}{2} r^2 \omega = \underline{\frac{1}{2} B r^2 \omega}$$　　<u>P_1の方が高い</u>

問 3

O_1P_1に流れる電流：$I = \dfrac{\frac{1}{2}Br^2\omega}{R} = \dfrac{Br^2\omega}{2R}$ が磁場から受ける

力の大きさは　$IBr = \dfrac{B^2 r^3 \omega}{2R}$ だから　力のつり合いより

外力の大きさは　$\underline{\dfrac{B^2 r^3 \omega}{2R}}$

問 4

<u>d</u>

理由：<u>電流がP_2からO_2の向きに流れるから。</u>

問 5

求める電流の大きさを i とすると

キルヒホッフの法則：$\frac{1}{2}Br^2\omega - \frac{1}{2}\cdot\frac{B}{2}r^2\omega' = Ri$ より

$$i = \underline{\frac{Br^2(2\omega - \omega')}{4R}}$$

問 6

$i = 0$ より　$\omega_2 = \underline{2\omega}$

消費電力 ： <u>0</u>

第 3 問

問1

失われた質量より　$\underline{(M_0 - M_1 - m)c^2}$

問2

Yの速さをV, α粒子の速さをvとして

$$\begin{cases} \text{運動量保存則：} & 0 = M_1 V - m v \\ \text{エネルギー保存則：} & (M_0 - M_1 - m)c^2 = \frac{1}{2}M_1 V^2 + \frac{1}{2} m v^2 \end{cases}$$

したがって　$\frac{1}{2} m v^2 = \underline{\frac{M_1 (M_0 - M_1 - m)c^2}{M_1 + m}}$

問3

エネルギー保存則：$K = k_0 \frac{79e \cdot 2e}{r}$ より

$$r = \underline{\frac{158 k_0 e^2}{K}}$$

問4

$4n = 235 - 223$ より　$n = \underline{3}$

$2n - k = 92 - 88$ より　$k = \underline{2}$

問5

4.5×10^9 年前の ${}^{235}_{92}U$ と ${}^{238}_{92}U$ の原子核数をそれぞれ N_1, N_2 とし

$$N_1 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{4.5 \times 10^9}{7.5 \times 10^8}} : N_2 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{4.5 \times 10^9}{4.5 \times 10^9}} = 1 : 140 \text{ より}$$

$$N_1 : N_2 = \underline{8 : 35}$$

問6

$$\frac{(1.1 \times 10^{-7}) \times (6.0 \times 10^{23})}{235 \times 10^{-3}} \times (2.0 \times 10^8) \times (1.6 \times 10^{-19})$$

$$= 8.98 \cdots \times 10^6 \fallingdotseq \underline{9.0 \times 10^6 \text{〔J〕}}$$