Windom の解答速報 順天堂大(医) 物理 2013

Ⅰ 第1問

問1 力のつりあいより，

$$\begin{cases} T\sin 30° + \mu N \geq mg \\ T\cos 30° = N \end{cases}$$

A 点周りのモーメントのつりあいより，

$$T\sin 30° \times 2l = mg \times l$$

$$\therefore \mu \geq \frac{\sqrt{3}}{3} \quad \Rightarrow \quad \boxed{1} \quad ⑥$$

問 2 (a) 明線間隔の公式より，

$$\Delta x = \frac{L\lambda}{d} \quad \Rightarrow \quad \boxed{2} \quad ④$$

(b) 0 次の明線条件は $\frac{dx}{L} - (n-1)t = 0 \cdot \lambda$ で，

$$\therefore x_0 = \frac{(n-1)tL}{d} \quad \Rightarrow \quad \boxed{3} \quad ⑤$$

問 3 力積と運動量の関係から， $F \times 1 = 2mv\cos 45° \times N$

$$P = \frac{F}{S} = \frac{2 \times \frac{2.0\times10^{-3}}{6.0\times10^{23}} \times 1.8\times10^{3} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 7.0\times10^{20}}{3.0\times10^{-4}}$$

$$= 19.6 \cong 20 \text{ Pa} \quad \Rightarrow \quad \boxed{4} \quad ②$$

問 4 (a) $Q = \left(\frac{C}{2} + C\right)V = \frac{3}{2}CV \quad \Rightarrow \quad \boxed{5} \quad ⑤$

(b) $\frac{3}{2}CV = (C + C)V'$ より， $V' = \frac{3}{4}V$ で，

エネルギー原理から，

$$W = \Delta U = \frac{1}{2}CV'^2 \times 2 - \frac{1}{2}\cdot\frac{3}{2}CV \cdot V$$

$$= -\frac{3}{16}CV^2 \quad \Rightarrow \quad \boxed{6} \quad ⑦$$

問 5 (a) $I = envS$ の公式より，

$$I = envS + qn'v'S = (env + qn'v')S \quad \Rightarrow \quad \boxed{7} \quad ⑤$$

(b) $P = VI = 100\times10^{3} \times 1.0\times10^{6} = 1.0\times10^{11}$ W

$$\Rightarrow \quad \boxed{8} \quad ②$$

第 2 問

問1 磁界と磁束密度は，公式より，

$$quB = m\frac{u^2}{r}$$

$$r = \frac{mu}{qB} \quad \Rightarrow \quad \boxed{1} \quad ⑦$$

問 2 端子 a_2 の方が端子 b_2 より電位が高いので, 公式より，

$$\Phi = BS = B \times \pi r^2 = B \times \pi\left(\frac{mu}{qB}\right)^2 = \frac{\pi m^2 u^2}{q^2 B} \quad \Rightarrow \quad \boxed{2} \quad ⑧$$

問 3 $r = \frac{mu}{qB}$ より， $m > m'$ のとき $r > r'$ で，

正電荷では磁界が紙面の表から裏にあるとき，反時計回りに回転するので。 $\Rightarrow$ $\boxed{3}$ ③

問 4 それぞれの円軌道内の磁束は,

$$\Phi = \frac{\pi m^2 (v_0 \sin\theta)^2}{q^2 B_0} \quad , \quad \Phi = \frac{\pi m'^2 u^2}{q^2 B} \text{ で，}$$

これらが等しいことから， $u = \sqrt{\frac{B}{B_0}}v_0 \sin\theta$

$$\Rightarrow \quad \boxed{4} \quad ②$$

問 5 エネルギー保存より，

$$\frac{1}{2}m(v_0\sin\theta)^2 + \frac{1}{2}m(v_0\cos\theta)^2 = \frac{1}{2}mu^2 \text{ で代入して，}$$

$$\frac{1}{2}mv_0{}^2 = \frac{1}{2}m(v_0\sin\theta)^2 \times \frac{B}{B_0}$$

$$\therefore B = \frac{B_0}{\sin^2\theta} \quad \Rightarrow \quad \boxed{5} \quad ⑩$$

問 6 $u = \sqrt{\frac{B}{B_0}}v_0 \sin\theta > 1$ なので，面 b の方が円周が小さく運動の速さが速いので，明らかに周期は小さい。よって①が正しくない。 $\Rightarrow$ $\boxed{6}$ ①

第３問

問1　ピストンに働く力のつり合いから，

$$U_A=\frac{3}{2}1\cdot RT_0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{1} \quad ⑦$$

問２　$W_{AB}=p_0\Delta V=p_0\left(\frac{3}{2}V_0-V_0\right)=\frac{1}{2}p_0V_0=\frac{1}{2}RT_0$

$$\Rightarrow \quad \boxed{2} \quad ③$$

$$Q_{AB}=1\cdot C_P\Delta T=\frac{5}{2}R\left(\frac{3}{2}T_0-T_0\right)=\frac{5}{4}RT_0$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{3} \quad ⑥$$

問３　熱力学第一法則より，$0=\Delta U+W_{BC}$

$$\therefore W_{BC}=-\Delta U=-\frac{3}{2}R\left(T_0-\frac{3}{2}T_0\right)=\frac{3}{4}RT_0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{4} \quad ④$$

問４　まず，熱力学第一法則より，$Q_{CA}=0+W_{CA}$ で，
囲まれた面積は，それぞれの変化でした仕事の和だから，

$$a=\frac{\text{面積}}{p_0V_0}=\frac{W_{AB}+W_{BC}+W_{CA}}{p_0V_0}=\frac{\frac{1}{2}RT_0+\frac{3}{4}RT_0+Q_{CA}}{RT_0}$$

$$\therefore Q_{CA}=\left(a-\frac{5}{4}\right)RT_0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{5} \quad ⑧$$

Ⅱ

問１　つりあいより，$d=\dfrac{m+m'+M}{k}g$

今，$M=m+m'$ なので，

$$d=\frac{2Mg}{k} \quad （答）$$

問２　それぞれの運動方程式は，

$$Ma=Mg+m\beta-S \quad （答）$$

$$ma=S-mg-m\beta \quad （答）$$

問３　$\therefore a=\dfrac{(M-m)(g+\beta)}{M+m}$　（答）

$$\therefore S=\frac{2Mm(g+\beta)}{M+m} \quad （答）$$

問４　つりあいより，$2S=kx$

$$\therefore S=\frac{kx}{2} \quad （答）$$

問５　座標軸を下向きに取り，加速度 β を $-\beta$ にして，

$$kx=2S=2\frac{2Mm(g-\beta)}{M+m}$$

$$\therefore \beta=-\frac{M+m}{4Mm}kx+g$$

よって，$\omega=\sqrt{\dfrac{M+m}{4Mm}k}$ となり，

$$\therefore T=\frac{2\pi}{\omega}=4\pi\sqrt{\frac{Mm}{(M+m)k}} \quad （答）$$

問６　$\beta=-\dfrac{M+m}{4Mm}k\left(x-\dfrac{4Mmg}{(M+m)k}\right)$ と書け，

振動中心は，$x_0=\dfrac{4Mmg}{(M+m)k}$ となる。

条件 $S>0$ になるのは，$x>0$ の場所で，
つまり $d>x>0$ の範囲で振動すれば良い。
そうなるためには，$2x_0\geq d$ であればよく，

$$2\frac{4Mmg}{(M+m)k}\geq\frac{2M}{k}g$$

$$\therefore 3m\geq M \quad （答）$$

【講評】　例年より全体的に問題の難易度は低い。特に第１問は解きやすい問題が多い。第２問の途中からだんだん難しくなっている。第３問も落ち着いて解けば解けそうな問題だ。ただし，Ⅱの問題は難しい。問５と問６は解けなくてもよい。
　前半は解きやすい問題が多いので，そこでしっかりとミスをすることが無く得点に結びつけたい。
　合格ラインは高く。７割５分。