2014年度　千葉大学（物理学）

概要

（試験概要）

解答方式	大問数	難易度	点数	時間
記述式	3問	標準		

（設問別分析）

問題番号	領域	難易度	内容
1	力学	標準	非慣性系における単振り子
2	電磁気学	標準	電磁場中での電子の運動
3	波動	標準	バネの単振動と波動

物理 問題2

問1 動径方向の力がつり合っているので，

$$T = mg\cos\theta$$

問2 小球の速さが最大となるのは $\theta = 0$ のときである。系全体には外力が働いていないので，力学的エネルギー保存則が成り立つ。よって，小球の最大の速さ $v_{\max}$ は

$$\frac{m}{2}v_{\max}^2 = mgl(1-\cos\theta)$$
$$v_{\max} = \sqrt{2gl(1-\cos\theta)}$$

問3 グラフより，T から $2T$ までの間の小球の加速度 α は，

$$\alpha = \frac{V}{T}$$

問4 時刻 T から $2T$ において，小球に働く見かけ上の重力は $g + V/T$。よって，この間の周期 T_1 は，

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g+\frac{V}{T}}}$$

同様に，他の区間においても小球に働く見かけ上の重力を考慮して周期を求めればよい。時刻 $2T$ から $3T$ および時刻 $3T$ から $4T$ における小球の周期 T_2，T_3 は，

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$
$$T_3 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g-\frac{V}{T}}}$$

問5 エレベータが加速している間の振り子の振動回数 n は，

$$n = \frac{2T}{2\pi\sqrt{\frac{l}{g+\frac{V}{T}}}} + \frac{2T}{2\pi\sqrt{\frac{l}{g-\frac{V}{T}}}} < \frac{2T}{2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}} \times 2$$

となり，本来の振り子の振動回数よりも少ない。よって，時刻は遅れる。

問6 $2TW$

問7 グラフより，T から $2T$ までの間の小球の加速度 α は，

$$\alpha = \frac{W}{T}$$

時刻 T から $2T$ において，小球に働く見かけ上の重力は $\sqrt{g^2+\left(\frac{W}{T}\right)^2}$ となる。よって，この間の周期 T_1 は，

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{g^2+\left(\frac{W}{T}\right)^2}}}$$

同様に，他の区間においても小球に働く見かけ上の重力を考慮して周期を求めればよい。時刻 $2T$ から $3T$ および時刻 $3T$ から $4T$ における小球の周期 T_2，T_3 は，

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$T_3 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{g^2-\left(\frac{W}{T}\right)^2}}}$$

問題５

問 1 電子が磁場から受ける力 $\boldsymbol{F}_B$ は,

$$\begin{aligned}\boldsymbol{F}_B &= -e\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B} \\ &= -e(0,0,v_0) \times (B,0,0) \\ &= (0,-evB,0) \qquad (1)\end{aligned}$$

問 2 回転座標系で電子の運動を眺めると，遠心力と問 1 で求めた力がつり合っているので,

$$\begin{aligned}m\frac{v_0^2}{r} &= ev_0B \\ \therefore\ r &= \frac{mv_0}{eB} \qquad (2) \\ \therefore\ v_0 &= \frac{reB}{m} \qquad (3)\end{aligned}$$

これより，この円運動の角振動数 ω_0 は,

$$\omega_0 = \frac{v_0}{r} = \frac{eB}{m}$$

よって，周期 T は,

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi m}{eB}$$

問 3 電場の存在により，電子が持つポテンシャルエネルギー U_E は,

$$U_E = eV$$

よって，式 (3) を用いてエネルギー保存則を適用すると,

$$\begin{aligned}\frac{m}{2}v_0^2 &= eV \\ \therefore\ \frac{e}{m} &= \frac{2V}{(rB)^2} = \text{Const.} \qquad (4)\end{aligned}$$

問 4 電子が磁場から受ける力 $\boldsymbol{F}_B$ は,

$$\begin{aligned}\boldsymbol{F}_B &= -e\boldsymbol{v}_0 \times \boldsymbol{B} \\ &= (0,-ev_0B\cos\theta,0)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\therefore\ m\frac{v_0^2}{R} &= ev_0B\cos\theta \\ \therefore\ R &= \frac{mv_0}{eB\cos\theta} = \frac{r}{\cos\theta}\end{aligned}$$

$\theta = 60^\circ$ のとき,

$$R' = 2r$$

式 (4) より，電子に問 2 と同じ半径の円運動をさせるためには，電位差を 4 倍にするか，あるいは印加する磁場の磁束密度を 1/2 倍にする必要がある。

問 5 電子が磁場から受ける力 $\boldsymbol{F}_B$ は,

$$\begin{aligned}\boldsymbol{F}_B &= -e\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B} \\ &= -e(0, v_0, 0) \times (B, 0, 0) \\ &= (0, 0, ev_0 B)\end{aligned}$$

この力と，電場から受ける力が等しければよいので,

$$\boldsymbol{E} = (0, 0, -v_0 B)$$

問 6 このとき電子に働くローレンツ力 F は,

$$F = k_0 \frac{eq}{y_p^2} - e(y_p \omega)B$$

よって，問 2 と同様に考えると,

$$\begin{aligned} m\frac{(y_p\omega)^2}{y_p} &= k_0 \frac{eq}{y_p^2} - e(y_p\omega)B \\ \therefore\ y_p &= \left(\frac{k_0 eq}{m\omega^2 + e\omega B} \right)^{\frac{1}{3}} \end{aligned}$$

問題7

問1 題意より，

$$v = \frac{L}{t_0}$$

問2 図4より，この波動はウ〜サの間で1周期である。よって，波長 $\lambda = 8d$。

問3 問1，問2の結果より，

$$T = \frac{\lambda}{v} = \frac{8dt_0}{L}$$

問4 オ

問5 略

問6 この単振動の角振動数 ω は，

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi L}{4dt_0}$$

題意より，振動の振幅 $A = \frac{\sqrt{2}d}{4}$ なので，この単振動の最大速度 $v_{\max}$ は，

$$v_{\max} = \frac{\sqrt{2}\pi L}{16t_0}$$

問7 題意より，

$$t = \frac{14d}{L}t_0$$

問8 腹の位置はス，チ，ナ，節の位置はソ，テ，ヌ。

問9 略