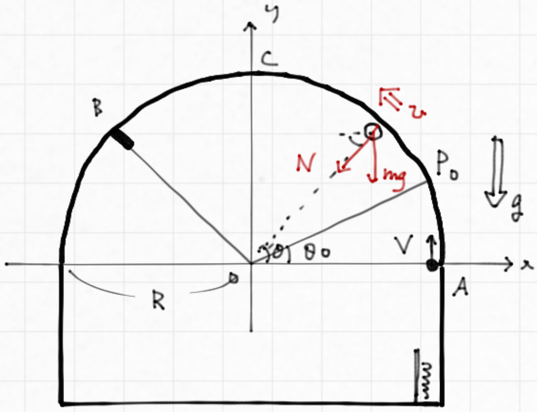
兵庫県立大 中期 2023



1

問1 運動方程式 $m\frac{v^2}{R} = N + mg\sin\theta$

向心力の大きさは $F_c = m\frac{v^2}{R}$

垂直抗力の大きさは $N = m\frac{v^2}{R} - mg\sin\theta$

問2 エネルギー保存 $\frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgR\sin\theta_0$

P_0で内面を離れたとあるので $N=0$ だから

$$m\frac{v_0^2}{R} - mg\sin\theta_0 = 0$$

この2式より $\frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 + mv_0^2$ $\quad v_0 = \frac{1}{\sqrt{3}}V$

このとき $gR\sin\theta_0 = v_0^2 = \frac{1}{3}V^2$

問3
$$\begin{cases} x = R\cos\theta_0 - v_0\sin\theta_0\, t \\ y = R\sin\theta_0 + v_0\cos\theta_0\, t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

問4 $\theta_0 = 45^\circ$のときで $x=0$ となるのは $t = \frac{R}{v_0}$ のときで このとき

$$y = \frac{1}{\sqrt{2}}R + \frac{1}{\sqrt{2}}v_0\frac{R}{v_0} - \frac{1}{2}g\frac{R^2}{v_0^2}$$

また $v_0^2 = \frac{1}{\sqrt{2}}gR$ だから $y = \sqrt{2}R - \frac{1}{2}\cancel{g}\frac{\sqrt{2}R^{\cancel{2}}}{\cancel{g}\cancel{R}} = \frac{\sqrt{2}}{2}R$

問5 $\theta = 90^\circ$のとき $N \geqq 0$ $\quad m\frac{v^2}{R} - mg \geqq 0$

このとき運動エネルギーは $\frac{1}{2}mv^2 \geqq \frac{1}{2}mgR$

したがって $\frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}mv^2 + mgR \geqq \frac{3}{2}mgR$

問6 Bではねかえる前の速度をv_Bとすると

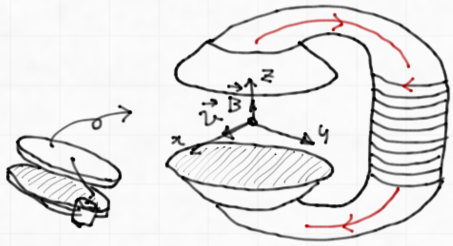
問4の条件式から $\left(\frac{1}{2}v_B\right)^2 = \frac{1}{\sqrt{2}}gR$ となれば Q を通る。 $\left(v_B^2 = \frac{4}{\sqrt{2}}gR\right)$

エネルギー保存の式より

$$\frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}mv_B^2 + \frac{1}{\sqrt{2}}mgR$$
$$= \frac{1}{\cancel{2}}m\frac{\cancel{4}^{\,2}}{\sqrt{2}}gR + \frac{1}{\sqrt{2}}mgR = \frac{3}{\sqrt{2}}mgR = \frac{3\sqrt{2}}{2}mgR$$

2

問1 右ねじの法則（右図）より

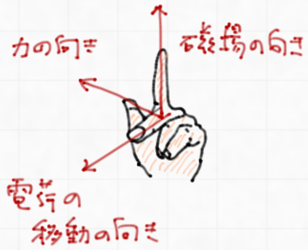


電流の向きは ◀ の向き．（**左向き**）

電子は負電荷をもつので逆の ▷ の向き．（**右向き**）

問2 大きさは **qvB**

向きは左手の法則より **$y-$**



問3 $m\frac{v^2}{r} = qvB$ より $r = \frac{mv}{qB}$

問4 静電気力が $y+$ の向きに働くようにすればよいので

電場の向きを **$y+$** の向きにする．力はつりあえばよいので． $qE = qvB$ より $E = vB$

問5 ローレンツ力は **$y+$** 静電気力も **$y+$** の向き

問6 合力はゼロに(ア)**ならない**ので、粒子Aの軌道は(イ)**曲線**である．逆再生した動画中の粒子Aは等速(ウ)**直線**運動するので、両者の運動の軌道は等しく(エ)**ならない**。

問7 電場は変わらず **$y+$** の向き．

コイルを流れる電子の動く向きが逆転するので磁場の向きは逆転し、**$z-$** の向き．

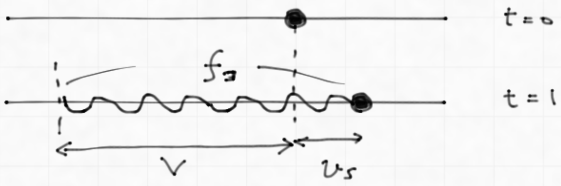
静電気力は変わらず **$y+$**，ローレンツ力は電荷の移動方向と磁場の向きが逆転したので

向きは変わらず **$y-$** の向き．

問8 思考実験では静電気力とローレンツ力がつりあい、粒子Aは等速直線運動を行うので仮説が正しい可能性を示していることが分かる．

3

問1 $\lambda = \dfrac{V+v_s}{f}$



問2 $f_1 = \dfrac{V+v}{\lambda}$

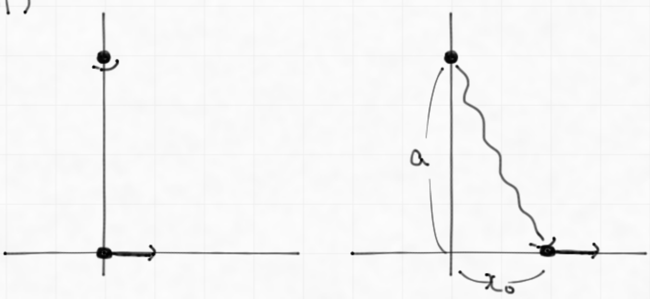
問3 $f_2 = \dfrac{V-v}{V-v_s} f$

問4 $72\,\mathrm{km/h} = \dfrac{72\times10^3}{3600}\ \mathrm{m/s} = 20\ \mathrm{m/s}$

$$291 = \frac{340-20}{340-v_s}\times300 \iff 291\times340 - 291v_s = 320\times300$$

$$v_s = \frac{291\times340-320\times300}{291} = 340-\frac{320}{291}\times300 = 10.10.. = 1.0\times10^1\ \mathrm{m/s}$$

問5

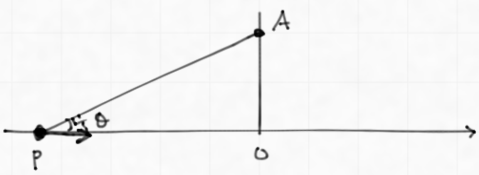


$$\frac{\sqrt{a^2+x_0^2}}{V} = \frac{x_0}{v}$$

$$v^2(a^2+x_0^2) = V^2x_0^2$$

$$x_0 = \sqrt{\frac{a^2v^2}{V^2-v^2}} = \frac{av}{\sqrt{V^2-v^2}}$$

問6



左のようにθを定めると観測者の観測する振動数f_θは

$$f_\theta = \frac{V+v\cos\theta}{V}f$$

f_{max}は $\theta\to0°$ のときで $f_{max} = \dfrac{V+v}{V}f$

f_{min}は $\theta\to180°$ のときで $f_{min} = \dfrac{V-v}{V}f$

問7 $x = -\dfrac{a}{\tan\theta}$ より $\tan\theta = -\dfrac{a}{x}$ $\cos^2\theta = \dfrac{1}{1+\tan^2\theta} = \dfrac{1}{1+\frac{a^2}{x^2}} = \dfrac{x^2}{x^2+a^2}$

$$\cos\theta = -\frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}}$$

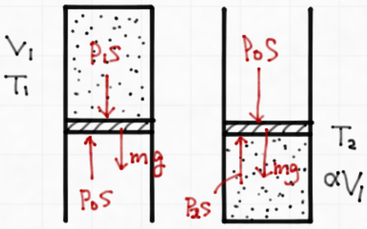
$$f_3 = \frac{V-\frac{xv}{\sqrt{a^2+x^2}}}{V}f = \left(1-\frac{vx}{V\sqrt{x^2+a^2}}\right)f$$

問8 6,7の結果から グラフは (b)

4

問1　力のつりあい　$P_1S+mg=P_0S$，$P_0S+mg=P_2S$　より

$$P_1 = P_0-\frac{mg}{S},\quad P_2 = P_0+\frac{mg}{S}$$



$$P_1V_1 = nRT_1 \quad \cdots①$$

断熱圧縮

$$0 = \overset{\boxed{\text{負}}}{W_{12}} + \frac{3}{2}nR(T_2-T_1)$$

$$P_2\alpha V_1 = nRT_2 \quad \cdots②$$

定圧

$$\frac{5}{2}nR(2T_2-T_2) = P_2(V_3-\alpha V_1) + \frac{3}{2}nR(2T_2-T_2)$$

$$P_2V_3 = nR\cdot 2T_2 \quad \cdots③$$

断熱膨張

$$0 = \overset{\boxed{\text{正}}}{W_{34}} + \frac{3}{2}nR(T_4-2T_2)$$

$$P_1\cdot 2V_1 = nR\cdot T_4$$

定圧

$$\frac{5}{2}nR(T_1-T_4) = P_1(V_1-2V_1) + \frac{3}{2}nR(T_1-T_4)$$

問2　①②より

$$\frac{\alpha P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}\qquad T_2 = \alpha\frac{P_2}{P_1}T_1$$

問3

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}nR(T_2-T_1) = \frac{3}{2}\alpha P_2V_1 - \frac{3}{2}P_1V_1 = \frac{3}{2}V_1(\alpha P_2-P_1)$$

問4(a)

$$Q = \frac{5}{2}nR(2T_2-T_2) = \frac{5}{2}\alpha P_2V_1$$

(b) ②③より

$$\frac{\cancel{P_2}V_3}{\cancel{P_2}\alpha V_1} = \frac{\cancel{nR}\cdot 2\cancel{T_2}}{\cancel{nRT_2}}\qquad V_3 = 2\alpha V_1$$

(c)

$$W_{23} = P_2(V_3-\alpha V_1) = 2\alpha P_2V_1 - \alpha P_2V_1 = \alpha P_2V_1$$

問5

$$W_{34} = -\frac{3}{2}nR(T_4-2T_2) = -\frac{3}{\cancel{2}}\times\cancel{2}P_1V_1 + 3P_2\alpha V_1 = 3V_1(\alpha P_2-P_1)$$

問6

$$Q' = -\frac{5}{2}nR(T_1-T_4) = -\frac{5}{2}P_1V_1 + \frac{5}{2}2P_1V_1 = \frac{5}{2}P_1V_1$$

問7

$$e = 1-\frac{Q'}{Q} = 1-\frac{\cancel{\frac{5}{2}}P_1\cancel{V_1}}{\cancel{\frac{5}{2}}\alpha P_2\cancel{V_1}} = 1-\frac{P_1}{\alpha P_2}$$