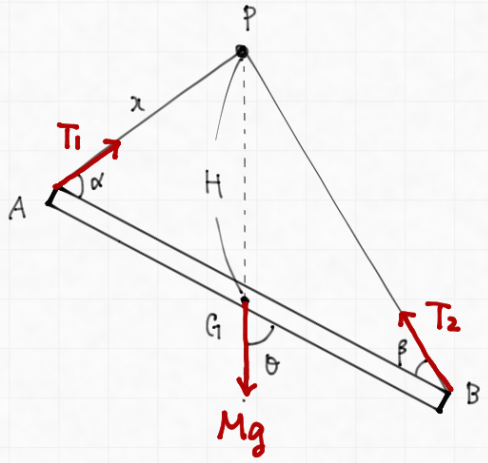
2020 藤田医科

1



問1 (AB方向)

$$T_1\cos\alpha + Mg\cos\theta = T_2\cos\beta \quad \cdots ①$$

(ABに垂直な方向)

$$T_1\sin\alpha + T_2\sin\beta = Mg\sin\theta \quad \cdots ②$$

問2 (Gのまわりのモーメントのつりあい)

$$T_2\sin\beta \times L = T_1\sin\alpha \times L \quad \cdots ③$$

問3 △ABPについて正弦定理より

$$\frac{BP}{\sin\alpha} = \frac{AP}{\sin\beta} \Leftrightarrow \frac{3L-x}{\sin\alpha} = \frac{x}{\sin\beta}$$

△AGPについて正弦定理より

$$\frac{PG}{\sin\alpha} = \frac{AP}{\sin\theta} \Leftrightarrow \frac{H}{\sin\alpha} = \frac{x}{\sin\theta}$$

より $\dfrac{\sin\beta}{\sin\alpha} = \dfrac{x}{3L-x}$, $\dfrac{\sin\theta}{\sin\alpha} = \dfrac{x}{H}$

③より $\dfrac{T_1}{T_2} = \dfrac{\sin\beta}{\sin\alpha} = \boxed{\dfrac{x}{3L-x}}$

問4 ②に問3より $T_2 = \dfrac{3L-x}{x}T_1$ を代入

$$T_1\sin\alpha + \frac{3L-x}{x}T_1\sin\beta = Mg\sin\theta$$

$$T_1 = \frac{Mg\sin\theta}{\sin\alpha + \frac{3L-x}{x}\sin\beta} = \frac{Mgx\frac{\sin\theta}{\sin\alpha}}{x + (3L-x)\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}} = \frac{Mgx\cdot\frac{x}{H}}{x+x} = \boxed{\frac{x}{2H}Mg}$$

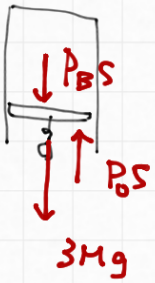
問5 小さくなる

理由. 滑車を使うと張力 T_1 と T_2 が等しくなるが、このとき 棒AB の G のまわりのモーメントは反時計まわりを正として $T_2\sin\beta - T_1\sin\alpha < 0$ となる ($\because T_2 = T_1$, $\sin\beta < \sin\alpha$) のでABは時計まわりに回転を始めるから

2020 藤田医科

2 問1 $P_B = P_0 - \frac{3Mg}{S} = P_0 - \frac{3}{5}P_0 = \frac{2}{5}P_0$

$\frac{2}{5}P_0 \cdot V_B = P_0V_0$ より $V_B = \frac{5}{2}V_0$



$P_0S = P_BS + 3Mg$

$P_B = P_0 - \frac{3Mg}{S}$

問2 $P_C = P_0 - \frac{Mg}{S} = \frac{4}{5}P_0$

ポアソンの式より

$\frac{4}{5}P_0 \left(\frac{5}{2}V_0\right)^{\frac{5}{3}} = \frac{4}{5}P_0 V_C^{\frac{5}{3}}$

$\frac{5}{2}V_0 = 2^{\frac{3}{5}}V_C$

$V_C = 5V_0 \cdot 2^{-1-\frac{3}{5}} = 5 \cdot 2^{-\frac{8}{5}} \cdot V_0$

$T_C = \frac{\frac{4}{5}P_0}{nR} \cdot 5 \cdot 2^{-\frac{8}{5}}V_0 = 2^{2-\frac{8}{5}}T_0 = 2^{\frac{2}{5}}T_0$

状態A $P_0V_0 = nRT_0$

↓ 等温 $Q_{AB} = W_{AB} + 0$

状態B $(P_0 - \frac{3Mg}{S})V_B = nRT_0$

$0 = W_{BC} + \frac{3}{2}nR(T_C - T_0)$

↓ 断熱 $(P_0 - \frac{3Mg}{S})V_B^{\gamma} = (P_0 - \frac{Mg}{S})V_C^{\gamma}$

状態C $(P_0 - \frac{Mg}{S})V_C = nRT_C$

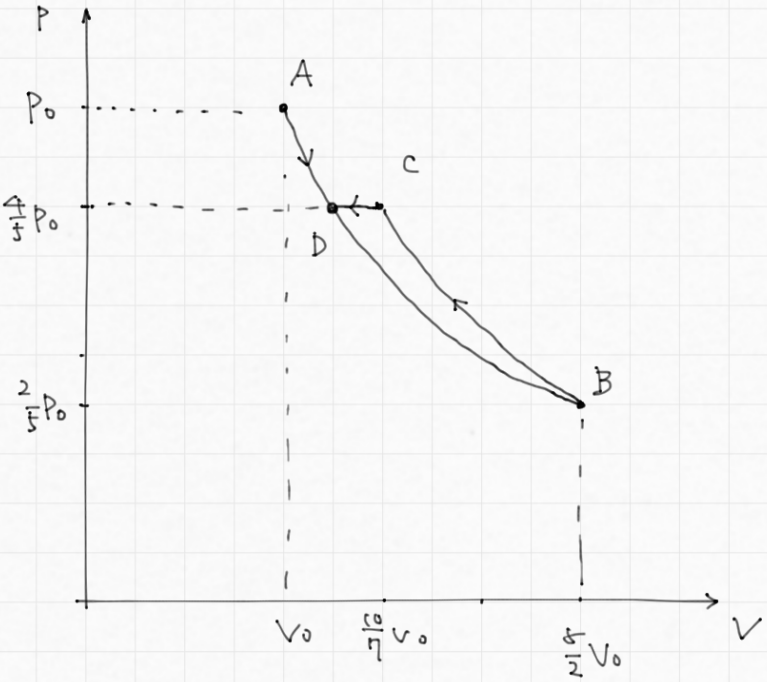
↓ 定圧 $Q_{CD} = (P_0 - \frac{Mg}{S})(V_D - V_C) + \frac{3}{2}nR(T_0 - T_C)$

状態D $(P_0 - \frac{Mg}{S})V_D = nRT_0$

問3 $\frac{V_C}{V_B} = \frac{5 \cdot 2^{-\frac{8}{5}}V_0}{\frac{5}{2}V_0} = 2^{-\frac{3}{5}} < 1$ したがって B→Cは断熱圧縮. だから、気体は負の仕事をしている ($W_{BC} < 0$)。 断熱変化では、気体の行った仕事と、内部エネルギーの変化の和が0だから 内部エネルギーは増加している

$\Delta U_{BC} = \frac{3}{2}nR(T_C - T_0) = \frac{3}{2}nR\left(2^{\frac{2}{5}} - 1\right)T_0 = \frac{3}{2}\left(2^{\frac{2}{5}} - 1\right)P_0V_0$

問4



$V_C = 5 \cdot 2^{-\frac{8}{5}}V_0 = 5 \cdot 2^{-1} \cdot 2^{-\frac{3}{5}}V_0$

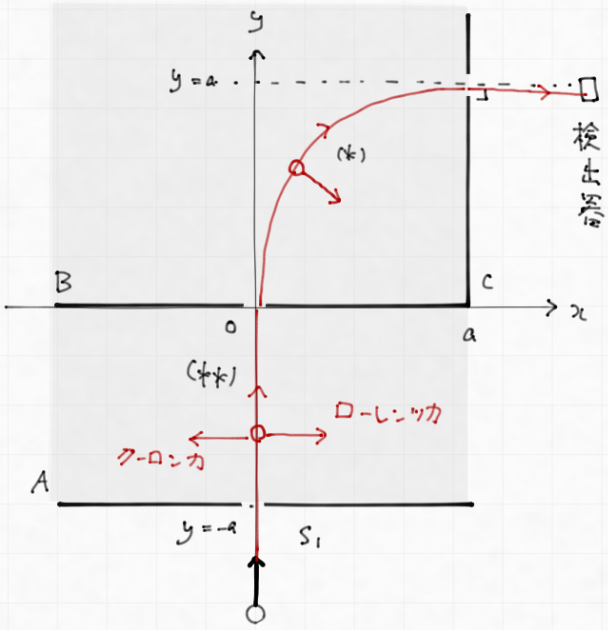
$= 5 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1.5}V_0 = \frac{10}{7}V_0$

2020 藤田医科

3 問1 領域2で時計まわりの円運動をするので右図(ア)のようにローレンツ力が働くことになる。正の電荷を持つ粒子が+yの方向に飛びこみ、+xの方向の力を受けるので、左手の法則より磁場の向きは、紙面 **裏から表** の向きと分かる

領域1ではこのローレンツ力と逆向きにクーロン力を受けていたことになる(**)ので、x軸負の向きに力を受けていたことが分かる。

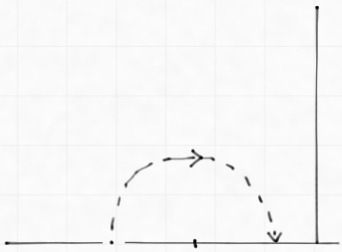
つまり電場の向きは **x軸負の向き**



問2 領域1 (力のつりあい) $qE = qvB$ より $v = \dfrac{E}{B}$

問3 領域2 (円運動) $m\dfrac{v^2}{r} = qvB$ より

$$r = \frac{mv}{qB}$$



壁Bと衝突するのは右図のように半周期後

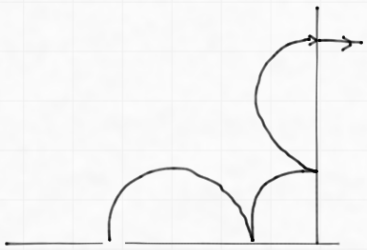
$$\frac{\pi r}{v} = \frac{\pi m}{qB}$$

問4 $qE_0 = qvB_1$, $m\dfrac{v^2}{a} = qvB_1$ より $v = \dfrac{E_0}{B_1}$

$$m\frac{1}{a}\frac{E_0}{B_1} = qB_1 \qquad B_1 = \sqrt{\frac{mE_0}{aq}}$$

$$T_1 = \frac{1}{4}\times\frac{2\pi a}{v} = \frac{1}{2}\pi a\frac{B_1}{E_0} = \frac{\pi a}{2E_0}\sqrt{\frac{mE_0}{aq}} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{am}{qE_0}}$$

問5 右のような軌跡を描くとき、



軌道は $\frac{a}{3}$ になっているので、 $m\dfrac{v^2}{\frac{a}{3}} = qvB_2$

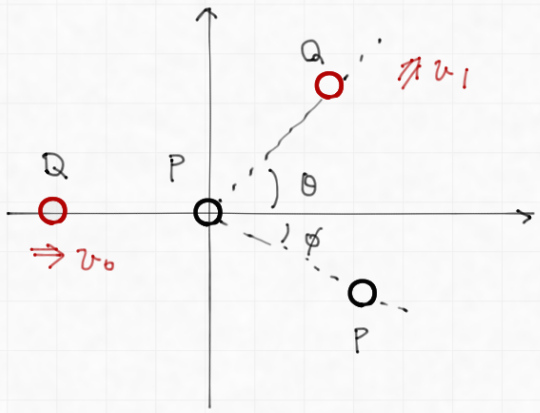
$$B_2 = \frac{3mv}{aq} = \frac{3m}{aq}\frac{E_0}{B_2} \qquad B_2 = \sqrt{\frac{3mE_0}{aq}} = \sqrt{3}B_1$$

$\frac{5}{4}$周期分だけ動くので $\dfrac{5}{4}\times\dfrac{2\pi\frac{a}{3}}{v} = \dfrac{5}{6}\cdot\dfrac{a}{v} = \dfrac{5}{6}a\dfrac{\pi}{E_0}\cdot\sqrt{\dfrac{3mE_0}{aq}} = \dfrac{\pi}{2}\sqrt{\dfrac{am}{qE_0}}\cdot\dfrac{5}{\sqrt{3}}$

問6 領域1を通過するのは $v = \dfrac{E_1}{B_2}$ を満たすものだから Eを大きくすると通過できる粒子の速さが速くなっていく。そのため、再び検出されるときは E_0, B_1 のときと同じように $\frac{1}{4}$ 周した粒子となっている。

$$B_2 = \sqrt{\frac{mE_1}{aq}} = \sqrt{\frac{3mE_0}{aq}} \quad \text{より}, \quad E_1 = 3E_0$$

2020 筑波医科



問1 Qの質量をm, Pの質量をM

Pの速さをv_2とし、運動量保存則より

$$\begin{cases} mv_0 = mv_1\cos\theta + Mv_2\cos\phi & \cdots ① \\ 0 = mv_1\sin\theta - Mv_2\sin\phi & \cdots ② \end{cases}$$

① より $Mv_2\cos\phi = mv_0 - mv_1\cos\theta$ … ③

② より $Mv_2\sin\phi = mv_1\sin\theta$ … ④

④ ÷ ③ $\dfrac{\sin\phi}{\cos\phi} = \tan\phi = \dfrac{v_1\sin\theta}{v_0 - v_1\cos\theta}$

問2 ③^2 + ④^2 $M^2v_2^2 = m^2v_0^2 - 2m^2v_0v_1\cos\theta + m^2v_1^2$ … ⑤

エネルギー保存 $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$

$v_2^2 = \frac{m}{M}v_0^2 - \frac{m}{M}v_1^2$ を ⑤ に代入

$mMv_0^2 - mMv_1^2 = m^2v_0^2 - 2m^2v_0v_1\cos\theta + m^2v_1^2$

$$\frac{M}{m} = \frac{v_0^2 - 2v_0v_1\cos\theta + v_1^2}{v_0^2 - v_1^2}$$

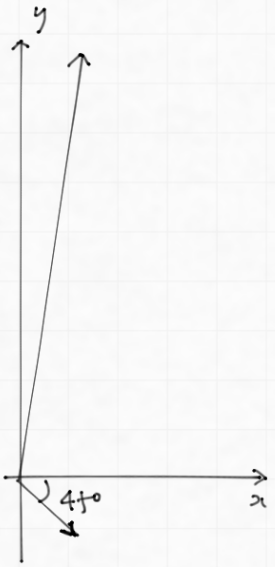
問3 $\tan\phi = \dfrac{\frac{9}{10}v_0\sqrt{1-0.14^2}}{v_0 - \frac{9}{10}v_0\times 0.14} = \dfrac{9\times\sqrt{1-0.14^2}}{10 - 9\times 0.14} \fallingdotseq \dfrac{9}{8.74}\times\left(1 - 0.14^2\times\dfrac{1}{2}\right)$

$= \dfrac{9}{8.74}\times(1 - 0.0098) \fallingdotseq 1$ $\quad \phi = 45^\circ$

問4 $\dfrac{M}{m} = \dfrac{v_0^2 - 2\cdot\frac{9}{10}v_0\cdot 0.14 + \left(\frac{9}{10}v_0\right)^2}{v_0^2 - \left(\frac{9}{10}v_0\right)^2} = 8.2$

問5. 運動量のy成分の大きさは等しいので. $mv_1\sin\theta = Mv_2\sin\phi$

$v_2\sin\phi = \dfrac{m}{M}v_1\sin\theta = \dfrac{1}{8.2}v_1\sin\theta$.

図で $v_1\sin\theta$ は、8.7目盛りだから その $\frac{1}{8.2}$ の約1目盛り

$\phi = 45^\circ$ だから $v_2\cos\phi$ も同じ (右図)