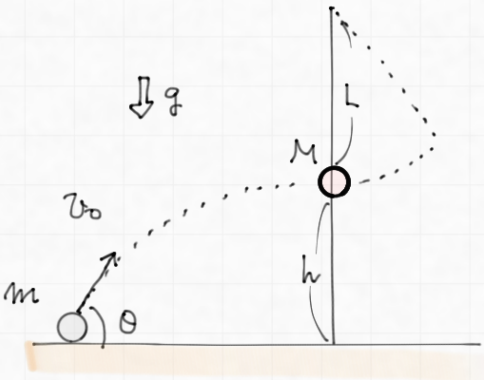
広島大2021

1



問1　小球1の運動

$$\begin{cases} v_x = v_0\cos\theta \\ x = v_0\cos\theta \cdot t \end{cases} \qquad \begin{cases} v_y = v_0\sin\theta - gt \\ y = v_0\sin\theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

$x = d$ のとき　$v_y = 0$，$y = h$　$v_x = v_1$

$d = v_0\cos\theta \cdot t$ より　$t = \dfrac{d}{v_0\cos\theta}$

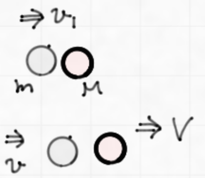
$v_y = 0$ より　$0 = v_0\sin\theta - g\cdot\dfrac{d}{v_0\cos\theta}$　　$v_0^2\cos\theta\sin\theta = gd$

$y = h$ より　$h = d\tan\theta - \dfrac{1}{2}g\cdot\dfrac{d^2}{v_0^2\cos^2\theta}$

v_0^2を消去　$h = d\tan\theta - \dfrac{1}{2}\cancel{g}d^{\cancel{2}}\dfrac{1}{\cos^{\cancel{2}}\theta}\times\dfrac{\cancel{\cos\theta}\sin\theta}{\cancel{gd}} = \dfrac{1}{2}d\tan\theta$　　$\tan\theta = \dfrac{2h}{d}$

$v_1 = v_0\cos\theta = \sqrt{\dfrac{gd}{\cos\theta\sin\theta}}\cos\theta = \sqrt{\dfrac{gd}{\tan\theta}} = d\sqrt{\dfrac{g}{2h}}$

問2



運動量保存　$mv_1 = mv + MV$

はねかえり　$-e = \dfrac{v - V}{v_1 - 0}$

連立して

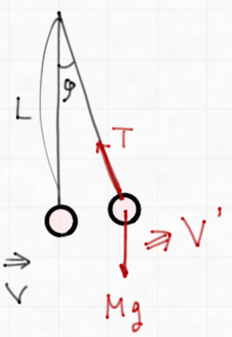
$v = \dfrac{m - eM}{m + M}v_1$　　$V = \dfrac{(1+e)m}{m+M}v_1$

問3　(1) $e = 1$，$M = 3m$　　$v = \dfrac{-2m}{4m}v_1 = -\dfrac{1}{2}v_1$　$\left(V = \dfrac{1}{2}v_1\right)$

点Aから地面まで時間については、Oから点Aまでと変化ない。したがって水平方向の速度に比例して、落下地点がきまる　(イ)

$e = \dfrac{1}{3}$，$M = m$　　$v = \dfrac{1}{3}v_1$　　(オ)

問4



エネルギー保存　$\dfrac{1}{2}MV^2 = \dfrac{1}{2}MV'^2 + MgL(1-\cos\varphi)$

運動方程式　$M\dfrac{V'^2}{L} = T - Mg\cos\varphi$

V'を消去してTをもとめる

$T = \dfrac{M}{L}\left(V^2 - 2gL(1-\cos\varphi)\right) + Mg\cos\varphi$

$= \dfrac{M}{L}V^2 - 2Mg + 3Mg\cos\varphi$

広島大2021

2 問1 $L_1 - L_2 = m\lambda$ ① $L_2 = \sqrt{L^2 + (b-d)^2} \fallingdotseq L\left[1 + \frac{(b-d)^2}{2L^2}\right]$ ②

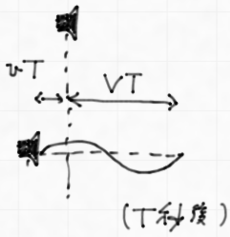
$L_1 - L_2 \fallingdotseq L\left[1 + \frac{(b+d)^2}{2L^2}\right] - L\left[1 + \frac{(b-d)^2}{2L^2}\right] = \frac{1}{2L} \times (2bd + 2bd) = \frac{2bd}{L}$ ③

$\frac{2bd}{L} = m\lambda$ より $b = \frac{mL\lambda}{2d}$ Bの座標は $\left(L, \frac{mL\lambda}{2d}\right)$ ④

vで遠ざかっているとき、音源Aの振動数をf_0、S_1, S_2で観測される振動数をf_1とすると

$$f_1 = f_0 \times \frac{V}{V+v}$$

となるので f_1はf_0よりも **小さくなる** ⑤



音源が移動することで波長が変わり、そのため振動数が変わっている

右図より

$$\lambda' = \lambda \times \frac{V+v}{V} = \frac{(V+v)\lambda}{V}$$ ⑥

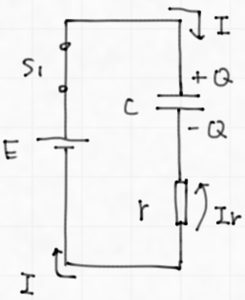
④の結果で λをλ'とおきかえて

$$\left(L, \frac{mL}{2d}\frac{V+v}{V}\lambda\right) = \left(L, \frac{mL\lambda(V+v)}{2dV}\right)$$ ⑦

$m=1$のとき $\frac{L\lambda}{2d} \rightarrow \frac{L\lambda(V+v)}{2dV}$ へ変わるので $\Delta b = \frac{L\lambda v}{2dV}$

これより $v = \frac{2dV}{L\lambda}\Delta b$ ⑧

問2

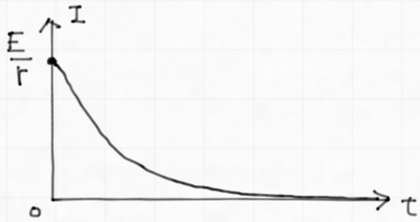


スイッチS_1を閉じたときの回路は左のようになっている

回路の式は

$$E = \frac{Q}{C} + Ir$$

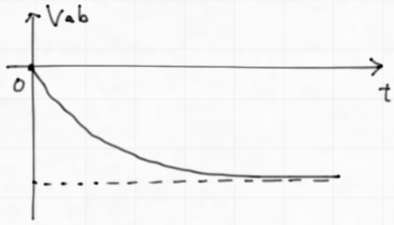
$Q = \int_0^t I\,dt$ を考えると電流Iのグラフは右のようになると考えられる



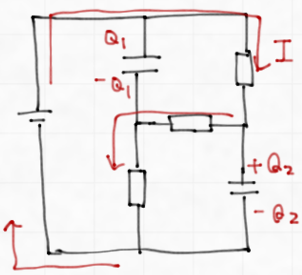
aに対するbの電位 V_{ab} として

$$V_{ab} = -\frac{Q}{C} = Ir - E$$

だから右のグラフのようになる (イ)



十分に時間が経ったとき



十分な時間が経つと $I \rightarrow 0$ となり、Qは一定の値 EC となる

$P = EC \cdot E = CE^2$ (ウ) $U = \frac{1}{2}EC \cdot E = \frac{1}{2}CE^2$ (エ) $W = P - U = \frac{1}{2}CE^2$ (オ)

S_2, S_3を閉じてからS_1を閉じたとき。 閉じた直後 $Q_1 = Q_2 = 0$ $V_{ab} \fallingdotseq E$

十分に時間が経つと $E = I(2r + R + r)$ $I = \frac{E}{3r+R}$ $V_{ab} = IR = \frac{-RE}{3r+R} \fallingdotseq -E$

Iが極めて小さくなるので $|V_{ab}| = E - Ir$ $|V_{cd}| = E - I \cdot 2r$ だから グラフは(ア)

$|V_{ab}| > |V_{cd}|$ (エ)

広島大 2021

3

問1 $P_0V = \frac{w}{m}RT_0$ より $\frac{w}{V} = \frac{P_0m}{RT_0}$ $(=\rho)$

問2 (1) $V_1 = \frac{nRT_1}{P_0} = \frac{\cancel{n}\cancel{R}T_1}{\cancel{n}\cancel{R}T_0}V_0 = \frac{T_1}{T_0}V_0$

(2) $W = P_0(V_1 - V_0) = nR(T_1 - T_0)$

$\Delta U = \frac{5}{2}nR(T_1 - T_0)$

$Q = W + \Delta U = \frac{7}{2}nR(T_1 - T_0)$

問3 (1) $\rho V_1 g = nmg + Mg$

(2) (1) に $V_1 = \frac{T_1}{T_0}V_0$, $\rho = \frac{P_0m}{RT_0}$ を代入

$\frac{T_1}{T_0}V_0\frac{P_0m}{RT_0}\cancel{g} = nm\cancel{g} + M\cancel{g}$

$T_1 = \frac{RT_0^2(nm+M)}{P_0V_0m} = \frac{\cancel{R}T_0^{\cancel{2}}(nm+M)}{n\cancel{R}\cancel{T_0}m} = T_0\left(1 + \frac{M}{nm}\right)$

$P_0V_0 = nRT_0$

定圧 $\downarrow$ $Q = P_0(V_1 - V_0) + \frac{5}{2}nR(T_1 - T_0)$

$P_0V_1 = nRT_1$