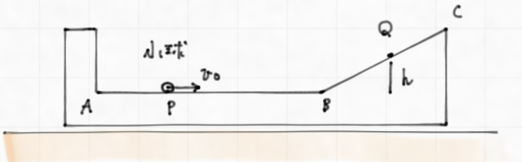
岐阜大学2021

1



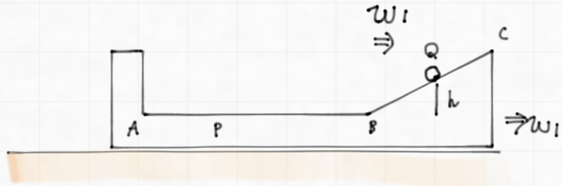
問1　最高点において、小球は台に対して静止している。

したがって小球の水平方向の速度は w_1

運動量保存則より

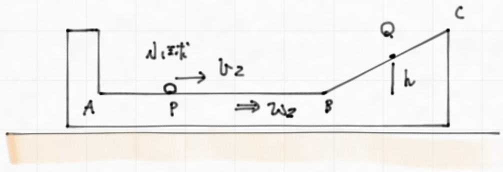
$$mv_0 = mw_1 + Mw_1$$

$$\therefore\ w_1 = \frac{m}{m+M}v_0$$



問2　エネルギー保存則。

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}(m+M)w_1^2 + mgh$$



ここに問1の結果を代入し、整理する。

$$mgh = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}\cdot\frac{m^2}{m+M}v_0^2 = \frac{mM}{2(m+M)}v_0^2 \qquad h = \frac{Mv_0^2}{2g(m+M)}$$

問3．運動量保存とはねかえり

$$\begin{cases} mv_0 = mv_2 + Mw_2 \\ -1 = \dfrac{v_2 - w_2}{v_0 - 0} \end{cases}$$

連立して、$v_2 = \dfrac{m-M}{m+M}v_0$

$$w_2 = v_2 + v_0 = \frac{2m}{m+M}v_0$$

問4　運動量保存とはねかえり

$$\begin{cases} mv_0 = mv_3 + Mw_3 \\ -e = \dfrac{v_3 - w_3}{v_2 - w_2} \end{cases}$$

$$v_3 = \frac{(m-eM)v_2 + (1+e)Mw_2}{m+M}$$

$$w_3 = \frac{(1+e)mv_2 + (M-em)w_2}{m+M}$$

問5　問3の結果を問4の結果に代入

$$v_3 = \frac{m+eM}{m+M}v_0$$

$$w_3 = v_3 + ev_0 = \frac{(1-e)m}{m+M}v_0$$

岐阜大学2021

2 問1 ① 分子の運動量は mv_x から $-mv_x$ に変化 $\Delta p = -2mv_x$

これが分子の受ける力積に等しいので 分子の受ける力積は $-2mv_x$.

作用・反作用の法則を考え、壁が受ける力積は $2mv_x$

② $\frac{2L}{v_x}$

③ $f\times 1 = 2mv_x \times \frac{v_x}{2L} = \frac{mv_x^2}{L}$

④ $F = \bar{f}\times N = \frac{m\overline{v_x^2}}{L}\times N$ $\quad P = \frac{F}{L^2} = \frac{m\overline{v_x^2}N}{L^3}$

⑤ $P = \frac{m\cdot\frac{1}{3}\overline{v^2}N}{L^3} = \frac{1}{3}\frac{mN}{L^3}\overline{v^2} = \frac{1}{3}\rho\overline{v^2}$

問2 ⑥ $t_1 = \frac{h}{v_z}$

⑦ エネルギー保存 $\frac{1}{2}mv_{z0}^2 = \frac{1}{2}mv_{z1}^2 + mgh$

⑧

$$\frac{1}{2}\cancel{m}(v_{z0}+v_{z1})(v_{z0}-v_{z1}) = \cancel{m}gh$$

$$v_z(v_{z0}-v_{z1}) = gh$$

これと $v_{z0}+v_{z1} = 2v_z$ を連立して $v_{z0} = v_z + \frac{gh}{2v_z}$ $\quad v_{z1} = v_z - \frac{gh}{2v_z}$

⑨ $f_0 = 2mv_{z0}\times\frac{v_z}{h}\times\frac{1}{2} = \frac{m}{h}\left(v_z^2+\frac{1}{2}gh\right)$

⑩ $f_1 = 2mv_{z1}\times\frac{v_z}{h}\times\frac{1}{2} = \frac{m}{h}\left(v_z^2-\frac{1}{2}gh\right)$

⑪ $\rho = \frac{mN'}{L^2h}$ より $N' = \frac{\rho L^2h}{m}$

⑪ $p_0 = \frac{f_0N'}{L^2} = \cancel{\frac{1}{L^2}}\times\frac{\rho\cancel{L^2}\cancel{h}}{\cancel{m}}\times\frac{\cancel{m}}{\cancel{h}}\left(\overline{v_z^2}+\frac{1}{2}gh\right) = \rho\left(\overline{v_z^2}+\frac{1}{2}gh\right)$

$p_1 = \rho\left(\overline{v_z^2}-\frac{1}{2}gh\right)$

$\bar{p} = \frac{1}{2}(p_0+p_1) = \rho\overline{v_z^2} = \frac{1}{3}\rho\overline{v^2}$

問3 $\frac{p_1-p_0}{h} = -\rho g$

問4 $P(z) = n(z)RT$

$P(z+\Delta z) = n(z+\Delta z)RT$

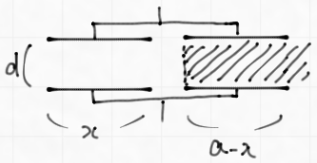
$\Delta P = P(z+\Delta z) - P(z) = \{n(z+\Delta z)-n(z)\}RT = \Delta nRT$

$\Delta P = \frac{p_1-p_0}{h}\times\Delta z = -\rho g\Delta z = \Delta nRT$

$\frac{\Delta n}{\Delta z} = -\frac{\rho g}{RT} = -\frac{g}{RT}\cdot\frac{mN'}{L^2h} = -\frac{mgn(z)}{RT}$

岐阜大学2021

3 問1



途中まで引き抜いたときの合成容量をもとめる.

2つのコンデンサーが並列につながっているものとして

$$\varepsilon_0 \frac{ax}{d} + \varepsilon \frac{a(a-x)}{d} = C(x)$$

$C(0) = \varepsilon \frac{a^2}{d}$ $\qquad Q_0 = C(0)V = \varepsilon \frac{a^2 V}{d}$

問2 $C = C(x) = \frac{a}{d}(\varepsilon_0 x + \varepsilon a - \varepsilon x)$

$$U = \frac{Q_0^2}{2C(x)} = \frac{\cancel{d}\,\varepsilon^2 a^{\cancel{4}\,3} V^2}{2\cancel{a}(\varepsilon_0 x + \varepsilon a - \varepsilon x) d^{\cancel{2}}} = \frac{\varepsilon^2 a^3 V^2}{2d(\varepsilon_0 x + \varepsilon a - \varepsilon x)}$$

問3 $\varepsilon_0 - \varepsilon < 0$ だから、xが大きくなると 問2の答の分母は小さく、したがってUは大きくなる

xを大きくすると静電気的なエネルギーが増加しているので、力の向きはエネルギーを小さくする向き、

すなわちxの負の向きに働く.(ひきこまれる向き)

問4 $\Delta C = C(x_1 + v\Delta t) - C(x_1) = \varepsilon_0 \frac{a(\cancel{x_1} + v\Delta t)}{d} + \varepsilon \frac{a(\cancel{a - x_1} - v\Delta t)}{d} - \cancel{\varepsilon_0 \frac{ax_1}{d}} - \cancel{\varepsilon \frac{a(a-x_1)}{d}}$

$$= \varepsilon_0 \frac{v\Delta t}{d} - \varepsilon \frac{v\Delta t}{d} = (\varepsilon_0 - \varepsilon) \frac{av}{d} \Delta t$$

問5 $Q = CV$ より $\Delta Q = \Delta C V$

$I = \left| \frac{\Delta Q}{\Delta t} \right| = \left| (\varepsilon_0 - \varepsilon) \frac{av}{d} V \right| = \frac{(\varepsilon - \varepsilon_0) avV}{d}$ 電池を逆向きに流れる向き(時計まわり)

問6 $\Delta U_C = \frac{1}{2} \Delta C V^2 = -\frac{1}{2} VI\Delta t$ $\qquad (\because I\Delta t = -\Delta Q = -\Delta C V)$

$\Delta U_B = -\Delta Q V = VI\Delta t$

$\Delta W = Fv\Delta t$

$\Delta U_C + \Delta U_B = \Delta W$

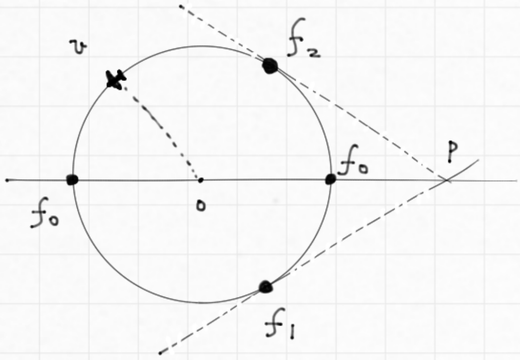
$Fv\Delta t = -\frac{(\varepsilon_0 - \varepsilon) avV^2}{2d} \Delta t$ $\qquad \therefore F = \frac{(\varepsilon - \varepsilon_0) aV^2}{2d} > 0$ (右向き)

問7 外力と逆向き. $f = \frac{(\varepsilon - \varepsilon_0) aV^2}{2d}$ 左向き.

岐阜大学2021

4

問1　Pと音源を結ぶ方向の速度成分が変化し、
波長が変化するから。



問2　右図

問3　$f_1 = f_0 \dfrac{V}{V-v}$, $f_2 = f_0 \dfrac{V}{V+v}$ より

$f_1(V-v) = f_2(V+v)$　　$v = \dfrac{f_1 - f_2}{f_1 + f_2} V$　　$f_0 = \dfrac{V-v}{V} f_1 = \dfrac{2f_1 f_2}{f_1 + f_2}$

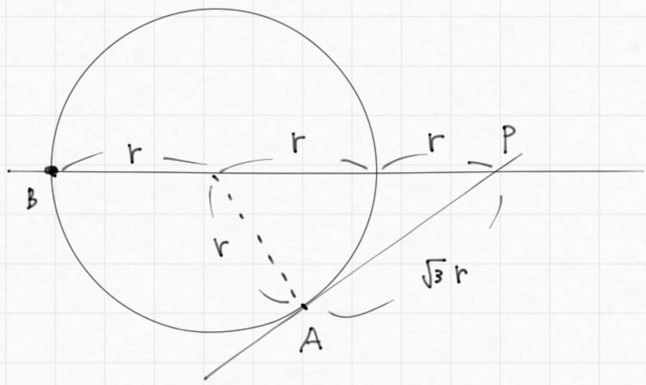
問4　$v = \dfrac{f_1 - f_2}{f_1 + f_2} V = \dfrac{540-480}{540+480} \times 340 = 20 = 2.0 \times 10$ m/s

問5　f_1を発してからf_2まで$\frac{1}{3}$周分だけ移動している

$2\pi r \times \frac{1}{3} = v \times 5.2$

$r = \dfrac{3 \times \overset{10}{\cancel{20}} \times 5.2}{\cancel{2}\pi} = \dfrac{30 \times 5.2}{3.14} = 5.0 \times 10$ (m)

問6.



$\frac{2}{3}$周するのに要する時間と、AP, BPの距離差を考慮する

$5.2 \times 2 + \dfrac{3r}{340} - \dfrac{\sqrt{3}r}{340}$

$= 10.4 + \dfrac{150-85}{340} = 10.6$