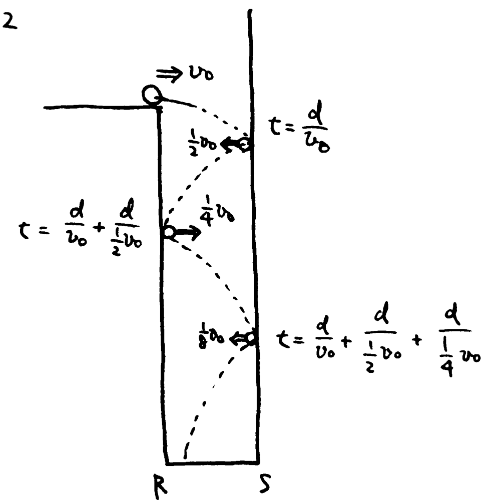
□ 問1　落下までにかかる時間 t は　$4d = \frac{1}{2}gt^2$ より　$t=\sqrt{\frac{8d}{g}}$

そのあいだの水平移動距離は　$v_0 \times \sqrt{\frac{8d}{g}}$

これが d より小さければよい　$v_0\sqrt{\frac{8d}{g}} < d$　より　$\underline{v_0 < \sqrt{\frac{dg}{8}}}$

問2



3回目の衝突までにかかる時間

$$\frac{d}{v_0}+\frac{d}{\frac{1}{2}v_0}+\frac{d}{\frac{1}{4}v_0}=\frac{7d}{v_0}$$

仮に4回目の衝突があったとしたとき、
そこまでにかかる時間

$$\frac{7d}{v_0}+\frac{d}{\frac{1}{8}v_0}=\frac{15d}{v_0}$$

3回目の衝突後、4回目の衝突までに落下するので

$$\frac{7d}{v_0}<\sqrt{\frac{8d}{g}}<\frac{15d}{v_0}$$

$$\underline{\frac{7\sqrt{dg}}{2\sqrt{2}}<v_1<\frac{15}{2\sqrt{2}}\sqrt{dg}}$$

問3　$t=\frac{d}{v}$ のとき　$0.5d$ だけ落下している

$0.5d = \frac{1}{2}g\times\left(\frac{d}{v}\right)^2$　より　$\underline{v=\sqrt{dg}}$ (ウ)

同様に　$2d=\frac{1}{2}g\left(\frac{d}{v}\right)^2$　より　$v=\underline{\frac{\sqrt{dg}}{2}}$ (エ)

$v=\frac{\sqrt{dg}}{2}$ で打ち出されたとき、1回目の衝突までにかかる時間は、

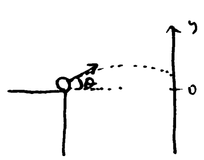
$$t=\frac{d}{v}=d\frac{2}{\sqrt{dg}}=2\sqrt{\frac{d}{g}}$$

したがって1回目の衝突から落下までのあいだの水平方向の移動幅は

$$\frac{1}{2}v\left(\sqrt{\frac{8d}{g}}-2\sqrt{\frac{d}{g}}\right)=\frac{\sqrt{d\cancel{g}}}{2^2}\times\sqrt{\frac{d}{\cancel{g}}}\times(2\sqrt{2}-2)=(\sqrt{2}-1)d\times\frac{1}{2}$$

Rからの距離は　$d-\frac{1}{2}(\sqrt{2}-1)d=\underline{\frac{3-\sqrt{2}}{2}d}$ (オ)

問4

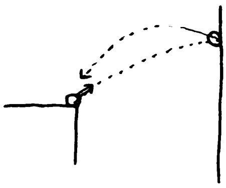


$d=\sqrt{dg}\cos\theta\cdot t$　,　$y=\sqrt{dg}\sin\theta\cdot t-\frac{1}{2}gt^2\geq 0$

$d\tan\theta-\frac{1}{2}g\cdot\frac{d^2}{dg\cos^2\theta}\geq 0$　　$\sin 2\theta \geq 1$

$\therefore\ \underline{\theta=\frac{\pi}{4}}$

問5



鉛直方向.

元の高さに戻るまでにかかる時間をtとして

$$v\sin\theta\cdot t - \frac{1}{2}gt^2 = 0 \quad より$$

$$t = \frac{2v\sin\theta}{g}$$

水平方向.

STまで $\dfrac{d}{v\cos\theta}$ 秒

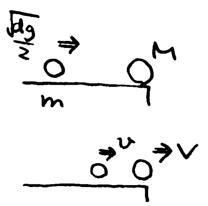
STから元の位置まで $\dfrac{d}{\frac{1}{2}v\cos\theta}$ 秒

よって、もとの位置に戻る条件は、

$$\frac{2v\sin\theta}{g} = \frac{d}{v\cos\theta} + \frac{d}{\frac{1}{2}v\cos\theta}$$

これを整理して $v = \sqrt{\dfrac{3dg}{\sin 2\theta}} \leqq \underline{\sqrt{3dg}}$ //

問6　Bの質量をMとして、衝突とはね返りを考えると



$$\begin{cases} \frac{1}{2}\sqrt{dg}\cdot m = mv + MV \\ \dfrac{v-V}{\frac{\sqrt{dg}}{2} - 0} = -\frac{1}{2} \end{cases}$$

これを解いて $V = \dfrac{3m}{4(m+M)}\sqrt{dg}$

M=2mのとき $V = \frac{1}{4}\sqrt{dg}$，M=4mのとき、$V = \frac{3}{20}\sqrt{dg}$

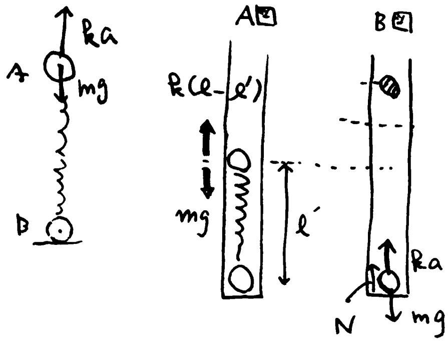
3dだけ落下するのにかかる時間をtとして $3d = \frac{1}{2}gt^2$

より $t = \sqrt{\dfrac{6d}{g}}$

$$l_1 = \frac{3}{20}\sqrt{dg}\times\sqrt{\frac{6d}{g}} = \underline{\frac{3\sqrt{6}}{20}d} \text{ //}$$

$$d - l_2 = \frac{1}{4}\sqrt{dg}\times\sqrt{\frac{6g}{d}} = \frac{\sqrt{6}}{4}d \qquad l_2 = \underline{\frac{4-\sqrt{6}}{4}d} \text{ //}$$

$\boxed{2}$



$mg = ka \cdots ①$

$k(l-l') = mg \cdots ②$

(i) ②に①を代入して $l' = \underline{l-a}$

(ii) A図はつりあいの位置、ここからB図まで動かすことにより、復元力のエネルギーが $\frac{1}{2}k(2a)^2 = 2ka^2$ だけ増加しているので $\underline{2ka^2}$

(iii) Bについて $ka + N = mg$ に①を代入 $N = \underline{0}$

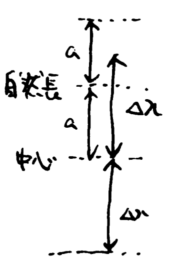
(iv) $\frac{1}{2}ka^2 \longrightarrow \frac{1}{2}k(a+\Delta x)^2$ だから $\frac{1}{2}k(a+\Delta x)^2 - \frac{1}{2}ka^2 = \underline{2ka\Delta x + \frac{1}{2}k\Delta x^2}$

(v) ばねが a だけ伸びたとき、垂直抗力が0になるので Bが床から離れる

振動中心はばねが a だけ縮んだとき、だから、ばねが最も伸びたとき

ばねは $\Delta x - a$ だけ伸びている

よって離れないための条件は $\Delta x - a \leqq a$ ∴ $\underline{\Delta x \leqq 2a}$

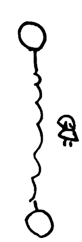


(vi) 最下点から最上点までなので半周期かかる $\underline{\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}$

(vii) $\Delta x = 2a$ のとき 最上点は $\underline{l+a}$ (左図)

(viii) 重心から見ると、AとBは逆方向に単振動を行う。この視点では重心は動かないので、重心(ばねの中央)を固定したときと、周期は等しく $2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$

角振動数は $\underline{\sqrt{\frac{2k}{m}}}$



3

(1) $\underline{\frac{3}{2}n_1RT_1}$ (2) 大きく (3) 二原子分子では運動エネルギーの他に回転のエネルギーがあるから.

(4) エネルギー保存より

$$\frac{3}{2}n_1RT_1+\frac{3}{2}n_2RT_2=\frac{3}{2}(n_1+n_2)RT.$$

$$\underline{T=\frac{n_1T_1+n_2T_2}{n_1+n_2}}$$

(5)(6) 体積の比で按分 $\underline{\frac{V_1}{V_1+V_2}(n_1+n_2)}_{(5)}$, $\underline{\frac{V_2}{V_1+V_2}(n_1+n_2)}_{(6)}$

(7) $\frac{V_1}{V_1+V_2+V_3}(n_1+n_2+n_3)$

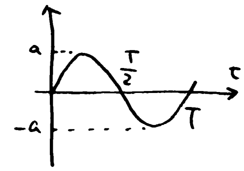
(8) 状態方程式 $P(V_1+V_2+V_3)=(n_1+n_2+n_3)RT$

エネルギー $\frac{3}{2}n_1RT_1+\frac{3}{2}n_2RT_2+\frac{3}{2}n_3RT_3=\frac{3}{2}(n_1+n_2+n_3)RT$

この2式を連立して.

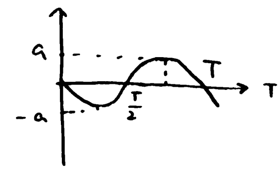
$$\underline{P=\frac{n_1T_1+n_2T_2+n_3T_3}{V_1+V_2+V_3}R}$$

4 問1 (a) $x=0$のとき $y = a\sin 2\pi \frac{t}{T}$



$x = \frac{vT}{2}$ のとき $y = a\sin 2\pi \frac{1}{T}\left(t - \frac{T}{2}\right)$

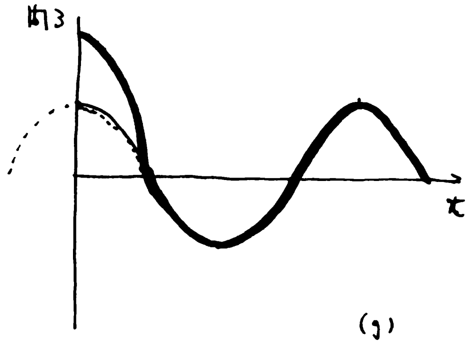
$= -a\sin 2\pi \frac{t}{T}$

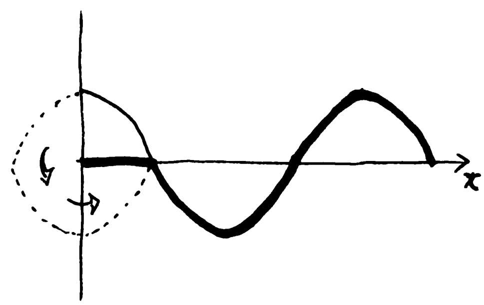


問2 (c) vT (d) $\frac{1}{2}vT$

(e) $x = vT$, (f) $x = \frac{1}{2}vT$

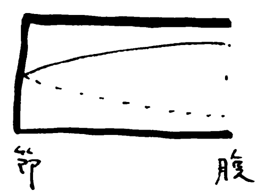
問3



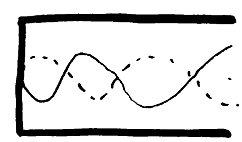


(g)

問4 (i) 腹 (j) 節



基本振動



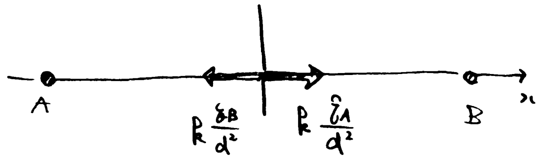
(k) $L = \frac{1}{4}\lambda + \frac{1}{2}\lambda(n-1) = \frac{2n-1}{4}\lambda$

$f = \frac{v}{\lambda} = \underline{\frac{2n-1}{4L}v}$

(l) $L = \frac{1}{2}\lambda \times n$ $\lambda = \frac{2L}{n}$

$f = \frac{v}{\lambda} = \underline{\frac{nv}{2L}}$

5 問1 ① $k\dfrac{q_Aq_B}{(2d)^2} = \dfrac{kq_Aq_B}{4d^2}$



② $k\dfrac{q_A}{d^2} - k\dfrac{q_B}{d^2}$

③ $k\dfrac{q_A}{d} + k\dfrac{q_B}{d} = \dfrac{k(q_A+q_B)}{d}$

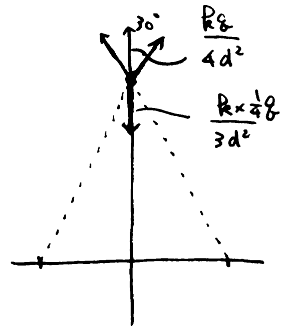
問2 ④ $F_A = \dfrac{kq_Aq_B}{4d^2} + \dfrac{kq_Aq_0}{d^2} = \dfrac{kq_A}{4d^2}(q_B+4q_0)$

⑤ $F_B = \dfrac{kq_Aq_B}{4d^2} + \dfrac{kq_Bq_0}{d^2} = \dfrac{kq_B}{4d^2}(q_A+4q_0)$

⑥ $F_0 = \left(k\dfrac{q_A}{d^2} - k\dfrac{q_B}{d^2}\right)q_0 = \dfrac{kq_0}{d^2}(q_A-q_B)$

問3 原点で電場が0 ($F_0'=0$だから) なので、$q_B'>0$.

点Aでも電場が0なので $q_0'<0$.



Aでの電場の大きさが0なので $\dfrac{kq_B'}{4d^2} + \dfrac{kq_0'}{d^2} = 0$

原点 〃 $\dfrac{kq_B'}{d^2} = \dfrac{kq}{d^2}$

これらより $q_B' = q$ ⑦ $q_0' = -\dfrac{1}{4}q_B' = -\dfrac{1}{4}q$ ⑧

⑨ 右図より $\dfrac{kq}{4d^2}\times\cos 30^\circ\times 2 - \dfrac{k}{3d^2}\times\dfrac{1}{4}q = \dfrac{3\sqrt{3}-1}{12d^2}kq$

⑩ $\dfrac{kq}{2d}\times 2 - \dfrac{k\cdot\frac{1}{4}q}{\sqrt{3}d} = \dfrac{12-\sqrt{3}}{12}kq$

問4 ⑪ A, Bにおいた2つの電荷が原点に作る電位は $\dfrac{kq}{d}\times 2 = \dfrac{2kq}{d}$

〃 C 〃 〃 $\dfrac{kq}{2d}\times 2 = \dfrac{kq}{d}$

O→Cへ運ぶのに要する仕事をWとして

$$W = \left(\frac{kq}{d} - \frac{2kq}{d}\right)\times\left(-\frac{1}{4}q\right) = \frac{kq^2}{4d}$$

⑫ 上記によって得たエネルギーが運動エネルギーになる

$$\frac{kq^2}{4d} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = q\sqrt{\frac{k}{2dm}}$$