1

問(1)(a)　考え方や計算の過程：はねの自然長からの変位をxとすると、運動方程式は、

前　$3m\dfrac{d^2x}{dt^2}=-kx$,　後　$2m\dfrac{d^2x}{dt^2}=-kx$

となる。よって

$T_0=2\pi\sqrt{\dfrac{3m}{k}}$　$T_1=2\pi\sqrt{\dfrac{2m}{k}}$

結果：$\dfrac{T_1}{T_0}=\sqrt{\dfrac{2}{3}}$

(b)　考え方や計算の過程：力学的エネルギー保存則より

$\dfrac{k}{2}d^2=\dfrac{3m}{2}v^2$

結果：$v=d\sqrt{\dfrac{k}{3m}}$

(c)　考え方や計算の過程：切り離した後の単振動の力学的エネルギー保存則より

$\dfrac{2m}{2}v^2=\dfrac{1}{2}kd_0^2$

$d_0^2=\dfrac{2m}{k}v^2=\dfrac{2}{3}d^2$

結果：$d_0=d\sqrt{\dfrac{2}{3}}$

問(2)(a)　考え方や計算の過程：飛び出した小球Bは、点Pまで放物運動し、R落下する。この経過時間をtとすると、

x方向　$v_0t=\dfrac{R}{\sqrt{2}}$

y方向　$\dfrac{1}{2}gt^2=R$

以上よりtを消去しv_0をもとめる。

結果：$v_0=\dfrac{\sqrt{gR}}{2}$

1

(b) 考え方や計算の過程：(a)より、点Pに衝突する直前の小球Bの速度のx, y成分はそれぞれ v_0, $2\sqrt{2}\,v_0$ となる

求める速度のx成分、y成分をそれぞれv_x, v_yとおくと、

点Pの接線方向について $\frac{1}{\sqrt{2}}(v_x+v_y)=\frac{2\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}}v_0$

弾性衝突なので $\frac{1}{\sqrt{2}}(v_x-v_y)=\frac{2\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}}v_0$

結果：x成分：$2\sqrt{2}\,v_0$　　y成分：v_0

問(3)(a) 考え方や計算の過程：点Dでの小球Bの速さをv_Dとすると、

力学的エネルギー保存則より

$\frac{m}{2}v_D^2+mgH=\frac{m}{2}v^2+mgR$　$(H=R\sin\alpha)$

点Dでは垂直抗力が0となるため

運動方程式は $m\frac{v_D^2}{R}=mg\sin\alpha$

以上よりv_Dを消去する

結果：$\sin\alpha=\frac{2}{3}+\frac{v^2}{3gR}$

(b) 考え方や計算の過程：

(a)に $\alpha=90^\circ$, $v=v_1$ 代入して

$1=\frac{2}{3}+\frac{v_1^2}{3gR}$

結果：$v_1=\sqrt{gR}$

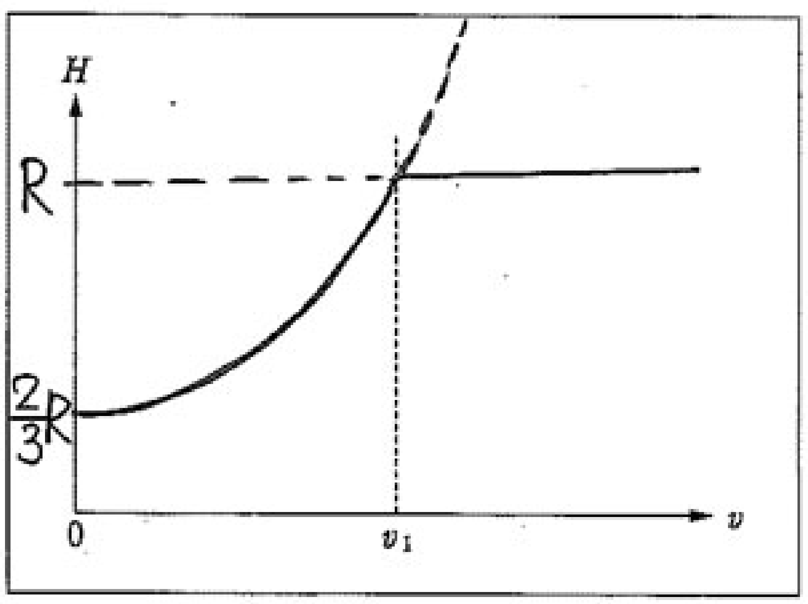
(c) 考え方や計算の過程：

$0\leqq v\leqq v_1$ のとき

$H=R\sin\alpha=R\left(\frac{2}{3}+\frac{v^2}{3gR}\right)$

$v_1<v$ のとき

$H=R$となる



2

問(1)(a) 考え方や計算の過程：

CDに流れる電流が磁場から受ける力は

$$f_1 = IBL \quad (\text{図2の右向き正})$$

導体棒がレールから受ける垂直抗力は $N = mg$ ゆえ，動まさつ力は

$$f_2 = \mu N = \mu mg \quad (\text{図2の左向き})$$

以上を用いて $m\alpha = f_1 - f_2$

結果：$m\alpha = IBL - \mu mg$ …… ①

(b) 考え方や計算の過程：

導体棒に生じる起電力は D→C 向き正として vBL ゆえ，

回路の方程式は

$$RI = E - vBL \quad \cdots\cdots ②$$

結果：$I = \dfrac{E}{R} - \dfrac{BL}{R}v$

(c) 考え方や計算の過程：

①②で $v = v_c$（一定 ∴ $\alpha = 0$），$I = I_c$ とすると

$$\begin{cases} 0 = I_cBL - \mu mg & \cdots\cdots ①' \\ RI_c = E - v_cBL & \cdots\cdots ②' \end{cases}$$

結果：$I_c = \dfrac{\mu mg}{BL}$

結果：$v_c = \dfrac{E}{BL} - \dfrac{\mu mgR}{(BL)^2}$

2

(d) 考え方や計算の過程：

電流が I_c のとき電圧は RI_c. よって

単位時間あたりのジュール熱は $Q = RI_c \times I_c$

結果：$Q =$ RI_c^2

(e) 考え方や計算の過程：

①$' \times v_c$ ＋ ②$' \times I_c$ をつくると

$$RI_c^2 = EI_c - \mu mg v_c \quad \therefore EI_c = RI_c^2 + \mu mg v_c$$

すなわち 電池の仕事率 EI_c は $Q(=RI_c^2)$ と $\mu mg v_c$（角棒が動摩擦力に抗してする仕事率）になり，後者は摩擦熱になる。

結果：(説明) 摩擦熱になる

(値) $\dfrac{\mu mgE}{BL} - R\left(\dfrac{\mu mg}{BL}\right)^2$

問(2)(a) 考え方や計算の過程：

$C_0 = \varepsilon \dfrac{ab}{d}$ を用いて

$$C = \left(\frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_0}\right)^{-1} = \frac{1}{2}C_0 = \frac{\varepsilon ab}{2d}$$

結果：$\dfrac{\varepsilon ab}{2d}$

(b) グラフの記号：ウ

理由：$t=0$ 直後に生じる電流 I_0（CD上，C→D向き）によってコンデンサーの充電が始まり，角棒の電流が受ける力（図2の右向き）によって v は増加し始める。すると回路の起電力は $E - vBL$ に減少するもコンデンサーの充電はさらに進んで，やがて充電が完了し，$I=0$ となる。つまり電流は I_0 から単調に減少して 0 となるから，角棒が受ける力，よって加速度も単調に減少して 0 となる。

3

問(1)(a) 考え方や計算の過程：

T_1 は 10目盛りぶん． $f_1 = \frac{1}{T_1}$ ．

結果：$T_1 =$ 2.0×10^{-3} s　　$f_1 =$ 5.0×10^{2} Hz

(b) 考え方や計算の過程：

$\lambda_1 = VT_1 = 3.4 \times 10^2$ m/s $\times 2.0 \times 10^{-3}$ s

結果：$\lambda_1 =$ 6.8×10^{-1} m

(c) 考え方や計算の過程：

基本振動ゆえ $\lambda_1 = 4l$ ∴ $f_1 = \frac{V}{\lambda_1} = \frac{V}{4l}$

$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{V}{0.8l} = \frac{5V}{4l} = 5f_1 = 5 \times 5.0 \times 10^2$ Hz

結果：$f =$ 2.5×10^{3} Hz

(d) グラフの記号：ウ

理由：

マイクの位置P，$y>0$ の開口端S_1，$y<0$ の開口端S_2とし，

$L = \overline{S_2P} - \overline{S_1P}$ とおく。いま $\lambda = 0.8l$ ∴ $l = \frac{5}{4}\lambda$ ゆえ

$|L| \leqq \overline{S_1S_2} = 2l = \frac{5}{2}\lambda$

Pのy座標yとして $y = 0$ のとき $L = 0$ で強め合う。

$y = 5l$ のときは $\overline{S_1P} = 4\sqrt{5}l$，$\overline{S_2P} = 10l$ で

$L = (10 - 4\sqrt{5})l \fallingdotseq 1.3\lambda$

となりこのLは $\lambda < L < \frac{3}{2}\lambda$ を満たす。以上より

yを0から5lまで増やすと合成音の強さは

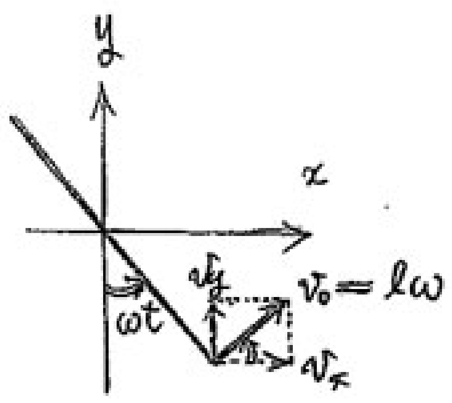
$L=0$ のとき強 → $L=\frac{\lambda}{2}$ のとき弱 → $L=\lambda$ のとき強

となった後は弱くなっていく。

3

問(2)(a) 考え方や計算の過程：

z軸 正方向からみた図



$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos(\omega t) \\ v_y = v_0 \sin(\omega t) \end{cases}$$

結果：$v_x =$ $l\omega \cos(\omega t)$　　$v_y =$ $l\omega \sin(\omega t)$

(b) 考え方や計算の過程：

それぞれの開口端からの音の波長の最小値と最大値を求める。
t = 0 で y = −l にあった開口端からの音のマイクの位置における波長は

$$\lambda' = \frac{V - v_x}{f}$$

$$\therefore \begin{cases} v_x = l\omega\ (\text{最大}) \text{ のとき } \lambda' = \lambda_{min} = \dfrac{V - l\omega}{f}\ (\text{最小}) \\ v_x = -l\omega\ (\text{最小}) \quad 〃 \quad \lambda' = \lambda'_{max} = \dfrac{V + l\omega}{f}\ (\text{最大}) \end{cases}$$

もう一方の開口端の速度のx成分は $-v_x$ ゆえ，波長の最小値と最大値はやはり λ'_{min}，λ'_{max}。

$f = \dfrac{V}{0.8l}$ は代入する。

結果：波長の最小値＝ $\dfrac{V - l\omega}{V} \times 0.8l$　　波長の最大値＝ $\dfrac{V + l\omega}{V} \times 0.8l$

(c) 考え方や計算の過程：

マイクに届く2つの音の振動数は

$$f' = \frac{V}{\lambda'} = \frac{V}{V - v_x} f, \quad f'' = \frac{V}{V + v_x} f$$

うなりの振動数は $\Delta f = |f' - f''|$，これは
$v_x = l\omega$ 又は $v_x = -l\omega$ のときに最大値

$$\Delta f_{max} = \frac{V}{V - l\omega} f - \frac{V}{V + l\omega} f$$
$$= \frac{2Vl\omega}{V^2 - (l\omega)^2} f$$

$f = \dfrac{V}{0.8l}$ は代入する。

結果：回数の最大値＝ $\dfrac{V^2}{V^2 - (l\omega)^2} \times \dfrac{\omega}{0.4}$