

1

図1のように床からの高さが $H_1$ の水平な台上の壁に、ばね定数 $k$ のばねの一端が固定されている。ばねの他端には質量 $m$ の板が接続され、板と接するように質量 $m$ の小球が置かれている。最初、ばねは自然長で、このときの小球の位置を原点として壁と反対向きを正として台上に $x$ 軸をとる。ただし、板と小球の大きさは無視でき、板と小球は同じ位置で表されるものとする。

小球を壁に向かって押していき、ばねが自然長から $d$ だけ縮んだところ ( $x = -d$ ) で静かに手をはなしたところ、小球は板から離れた後、台の端 ( $x = 2d$ ) から飛び出した。

床と台の水平面はなめらかで、床と小球の反発係数を $e$  ( $0 < e < 1$ )、重力加速度の大きさを $g$ として以下の問いに答えなさい。

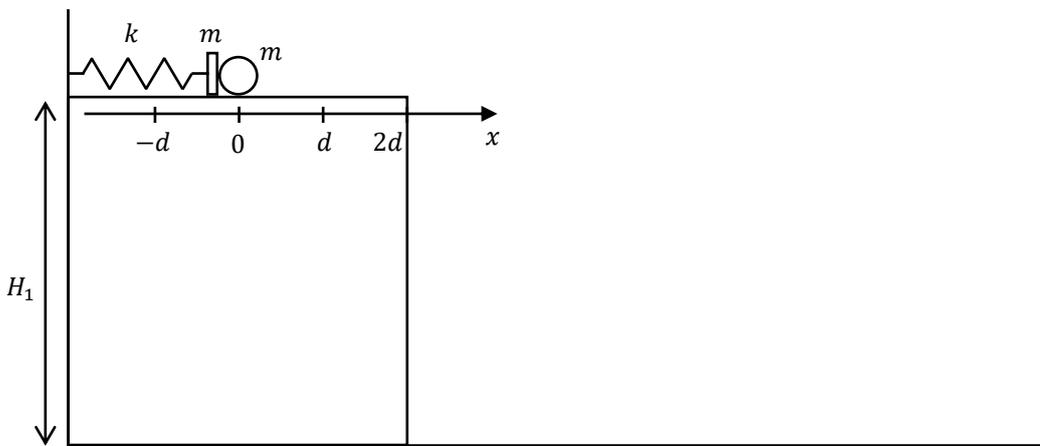


図1

問1 小球が板から離れるときの位置として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。1

- ①  $x = -d$     ②  $x = -\frac{d}{2}$     ③  $x = 0$     ④  $x = \frac{d}{2}$     ⑤  $x = d$     ⑥  $x = 2d$

問2 小球が台の端から飛び出すときの速さとして正しいものを、次の中から一つ選びなさい。2

- ①  $d\sqrt{\frac{k}{m}}$     ②  $d\sqrt{\frac{k}{2m}}$     ③  $\sqrt{\frac{kd}{m}}$     ④  $\sqrt{\frac{kd}{2m}}$     ⑤  $\frac{kd}{m}$     ⑥  $\frac{kd}{2m}$

問3 小球が板から離れた後、板は単振動をする。この単振動の周期として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。3

- ①  $2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$     ②  $2\pi\sqrt{\frac{k}{2m}}$     ③  $2\pi\sqrt{\frac{2k}{m}}$     ④  $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$     ⑤  $2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$     ⑥  $2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$

台の端から飛び出した小球は、図2のように、台から飛び出してから時間 $t_1$ 後に床に初めて衝突した。

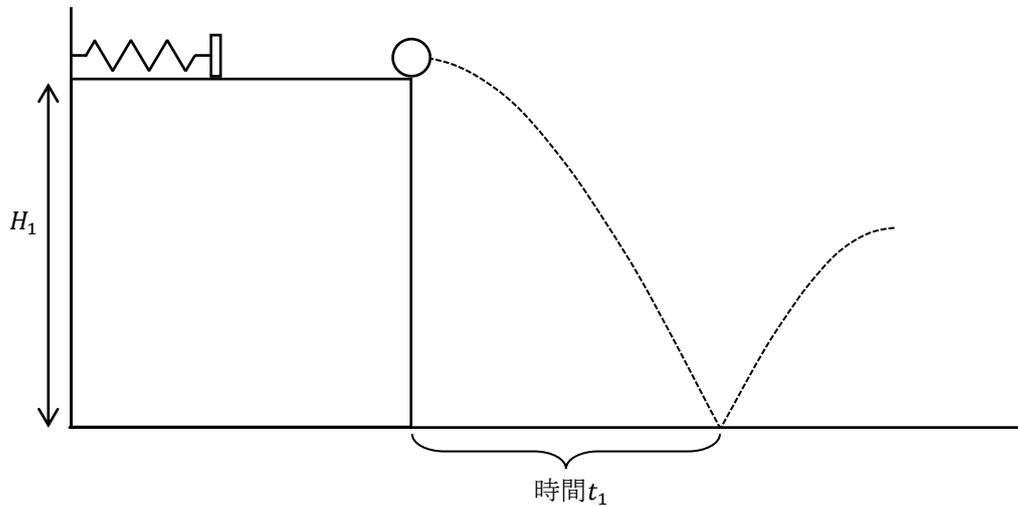


図2

問4 小球が初めて床に衝突する直前の速度の水平成分の大きさ $v_x$ として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。□4

- ①  $d\sqrt{\frac{k}{m}}$       ②  $d\sqrt{\frac{k}{2m}}$       ③  $\sqrt{\frac{kd}{m}}$       ④  $\sqrt{\frac{kd}{2m}}$       ⑤  $\frac{kd}{m}$       ⑥  $\frac{kd}{2m}$

問5 小球が初めて床に衝突する直前の速度の鉛直成分の大きさ $v_y$ として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。□5

- ①  $gH_1$       ②  $2gH_1$       ③  $\frac{gH_1}{2}$       ④  $\sqrt{gH_1}$       ⑤  $\sqrt{2gH_1}$       ⑥  $\sqrt{\frac{gH_1}{2}}$

問6 小球が台を飛び出してから、初めて床に衝突するまでの時間 $t_1$ として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。□6

- ①  $\frac{H_1}{g}$       ②  $\frac{H_1}{2g}$       ③  $\frac{2H_1}{g}$       ④  $\sqrt{\frac{H_1}{g}}$       ⑤  $\sqrt{\frac{H_1}{2g}}$       ⑥  $\sqrt{\frac{2H_1}{g}}$

問7 小球が初めて床に衝突した直後の速度の水平成分の大きさ $v'_x$ ，鉛直成分の大きさ $v'_y$ を問4・5の $v_x$ ， $v_y$ を用いて表した組み合わせとして正しいものを，次の中から一つ選びなさい。 7

|        | ①     | ②      | ③               | ④      | ⑤      | ⑥               | ⑦               | ⑧               | ⑨               |
|--------|-------|--------|-----------------|--------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $v'_x$ | $v_x$ | $v_x$  | $v_x$           | $ev_x$ | $ev_x$ | $ev_x$          | $\frac{v_x}{e}$ | $\frac{v_x}{e}$ | $\frac{v_x}{e}$ |
| $v'_y$ | $v_y$ | $ev_y$ | $\frac{v_y}{e}$ | $v_y$  | $ev_y$ | $\frac{v_y}{e}$ | $v_y$           | $ev_y$          | $\frac{v_y}{e}$ |



2

図1のように真空中に置かれた、極板面積 $S$ 、間隔 $d$ の平行平板コンデンサーと、電圧 $V$ で内部抵抗の無視できる直流電源、抵抗値 $r$ の抵抗、スイッチからなる回路がある。最初、コンデンサーには電荷は蓄えられていない。真空の誘電率を $\epsilon$ として以下の問いに答えなさい。

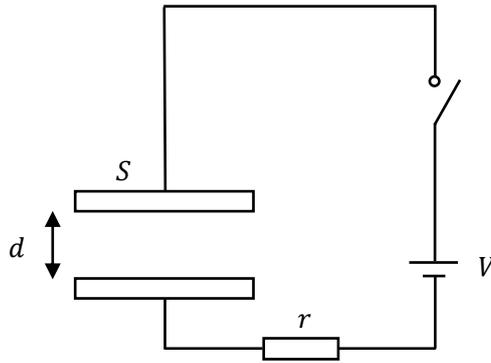


図1

問1 このコンデンサーの電気容量として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。8

- ①  $\frac{d}{S}$       ②  $\frac{S}{d}$       ③  $\frac{\epsilon d}{S}$       ④  $\frac{\epsilon S}{d}$       ⑤  $\frac{d}{\epsilon S}$       ⑥  $\frac{S}{\epsilon d}$

問2 スイッチを閉じた直後に回路を流れる電流として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。9

- ① 0      ②  $rV$       ③  $\frac{V}{r}$       ④  $\frac{r}{V}$       ⑤  $rV^2$       ⑥  $\frac{V^2}{r}$

問3 スイッチを閉じて十分時間がたった後、コンデンサーに蓄えられている電気量として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。10

- ① 0      ②  $\frac{\epsilon d V}{S}$       ③  $\frac{\epsilon d}{S V}$       ④  $\frac{\epsilon S V}{d}$       ⑤  $\frac{\epsilon S}{d V}$       ⑥  $\frac{S V}{\epsilon d}$

問3のあとスイッチを開き，極板をゆっくりと動かして，図2のように極板間隔を $3d$ まで広げた。

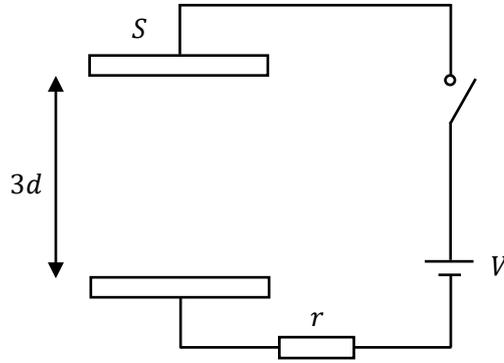


図2

問4 このとき，コンデンサーに蓄えられている静電エネルギーとして正しいものを，次の中から一つ選びなさい。11

- ①  $\frac{3\varepsilon SV^2}{2d}$       ②  $\frac{3\varepsilon SV^2}{d}$       ③  $\frac{2\varepsilon SV^2}{3d}$       ④  $\frac{\varepsilon SV^2}{3d}$       ⑤  $\frac{\varepsilon SV^2}{2d}$       ⑥  $\frac{\varepsilon SV^2}{6d}$

問5 極板を動かすのに外力がした仕事として正しいものを，次の中から一つ選びなさい。12

- ①  $-\frac{\varepsilon SV^2}{3d}$       ②  $\frac{\varepsilon SV^2}{3d}$       ③  $-\frac{3\varepsilon SV^2}{2d}$       ④  $\frac{3\varepsilon SV^2}{2d}$       ⑤  $-\frac{\varepsilon SV^2}{d}$       ⑥  $\frac{\varepsilon SV^2}{d}$

次に、コンデンサーを放電させて電荷を0にした後、はじめの状態（図1）に戻し、スイッチを閉じた。十分時間がたった後、今度はスイッチを閉じたまま極板をゆっくりと動かして、図3のように極板間隔を $3d$ まで広げた。

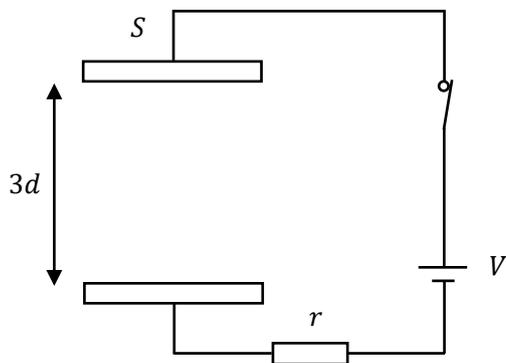


図3

問6 このとき、コンデンサーに蓄えられている静電エネルギーとして正しいものを、次の中から一つ選びなさい。13

- ①  $\frac{3\varepsilon SV^2}{2d}$       ②  $\frac{3\varepsilon SV^2}{d}$       ③  $\frac{2\varepsilon SV^2}{3d}$       ④  $\frac{\varepsilon SV^2}{3d}$       ⑤  $\frac{\varepsilon SV^2}{2d}$       ⑥  $\frac{\varepsilon SV^2}{6d}$

問7 極板を動かす間に、電源を通過した電荷として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。ただし、電源を-極から+極の向きに流れる電荷を正とする。14

- ①  $-\frac{2\varepsilon SV}{3d}$       ②  $\frac{2\varepsilon SV}{3d}$       ③  $-\frac{3\varepsilon SV}{2d}$       ④  $\frac{3\varepsilon SV}{2d}$       ⑤  $-\frac{\varepsilon SV}{6d}$       ⑥  $\frac{\varepsilon SV}{6d}$



3

図1のように、長さが $L$ で両端が開いた管にピストンを入れ、ピストンと反対側にある音源から管に向かって出た音が、ピストンの位置を変えることによって管内で共鳴する様子を観測した。この管の開口端補正は無視できるものとして以下の問いに答えなさい。

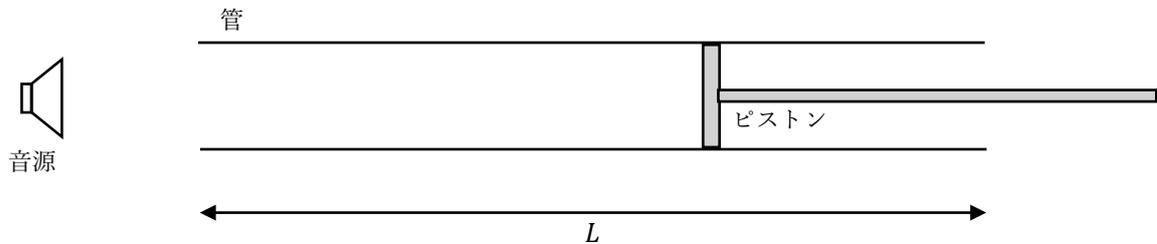


図1

音源から振動数 $f$ の音を出しながらピストンの位置を変えると、ある位置で共鳴した。そこからゆっくりピストンを引き出していくと、 $\frac{L}{6}$ だけピストンを引き出したところで再び共鳴した。

問1 共鳴しているときに管内に生じている定常波の波長として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。15

- ①  $\frac{L}{12}$       ②  $\frac{L}{6}$       ③  $\frac{L}{4}$       ④  $\frac{L}{3}$       ⑤  $\frac{2L}{3}$       ⑥  $L$

問2 管内の空気の音速として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。16

- ①  $\frac{fL}{3}$       ②  $\frac{L}{3f}$       ③  $\frac{3f}{L}$       ④  $\frac{fL}{6}$       ⑤  $\frac{L}{6f}$       ⑥  $\frac{6f}{L}$   
 ⑦  $\frac{fL}{12}$       ⑧  $\frac{L}{12f}$       ⑨  $\frac{12f}{L}$

問3 音源から振動数 $f$ の音を出したままピストンを管の左端まで押し込み、そこから管の右端までゆっくりピストンを引き出した。ピストンが左端から右端まで移動する間に共鳴が起こる回数として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。17

- ① 2      ② 3      ③ 4      ④ 5      ⑤ 6      ⑥ 7

続いて、音源から振動数 $f$ の音を出したままピストンを管から完全に引き出し、図2のように管のみの状態にした。



図2

問4 このときの共鳴の様子と、管内の気体の密度変化について述べた文として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。18

- ① 共鳴が起こっていて、気体の密度変化は管内のいずれの部分でも同じである。
- ② 共鳴が起こっていて、気体の密度変化は定常波の腹の部分で最大となる。
- ③ 共鳴が起こっていて、気体の密度変化は定常波の節の部分で最大となる。
- ④ 共鳴は起こらず、気体の密度変化は管内のいずれの部分でも同じである。
- ⑤ 共鳴は起こらず、気体の密度変化は定常波の腹の部分で最大となる。
- ⑥ 共鳴は起こらず、気体の密度変化は定常波の節の部分で最大となる。

問5 この状態で音源の振動数を $f$ から小さくしていった。次に共鳴が起こるときの振動数として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。19

- ①  $\frac{11}{12}f$
- ②  $\frac{5}{6}f$
- ③  $\frac{2}{3}f$
- ④  $\frac{1}{2}f$
- ⑤  $\frac{1}{6}f$
- ⑥  $\frac{1}{12}f$

問6 問5からさらに音源の振動数を小さくしていったところ、ある振動数をこえると共鳴が起こらなくなった。共鳴が起こる最小の振動数として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。20

- ①  $\frac{5}{6}f$
- ②  $\frac{2}{3}f$
- ③  $\frac{1}{2}f$
- ④  $\frac{1}{3}f$
- ⑤  $\frac{1}{6}f$
- ⑥  $\frac{1}{12}f$