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。

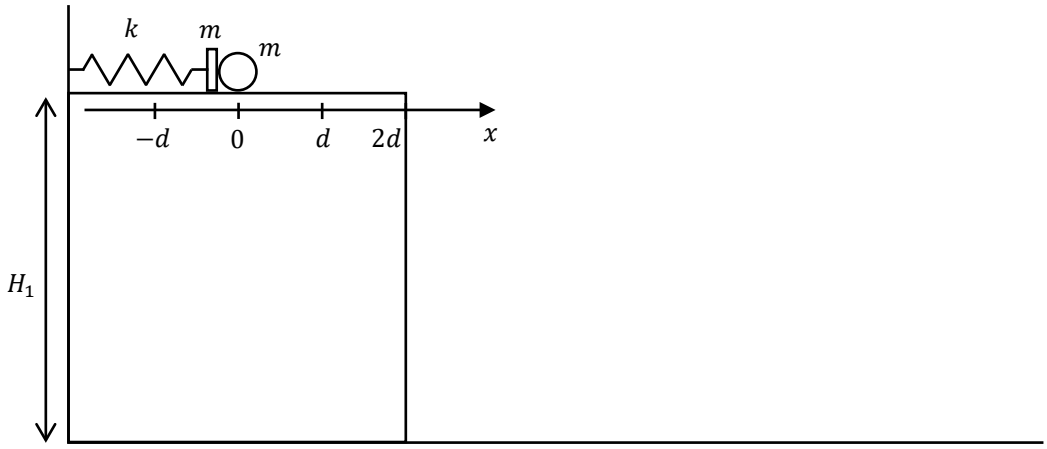

図１

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，さらに時間t_2後に衝突後の最高点に達した。この最高点の床からの高さをH_2とする。

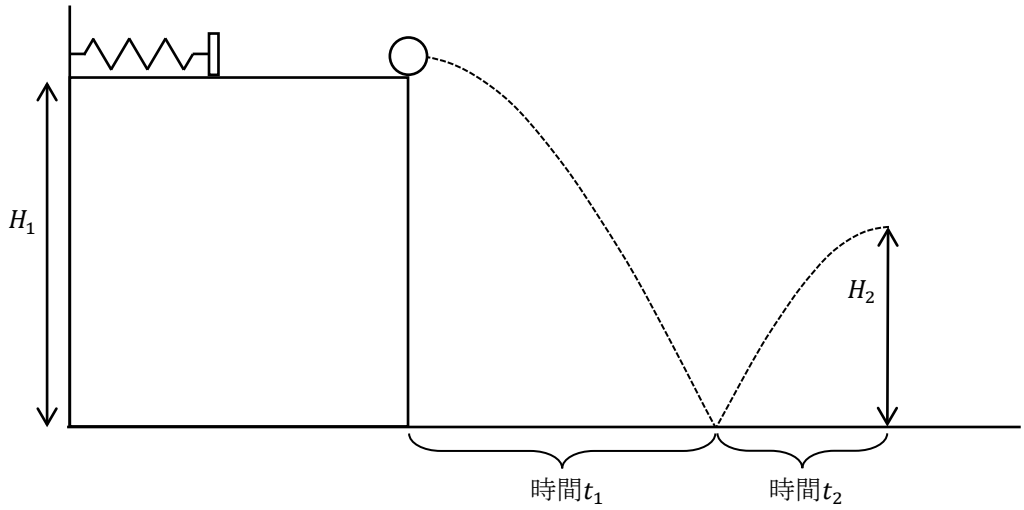

図２

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	$\frac{v_y}{e}$

問８　時間t_2はt_1の何倍か。正しいものを，次の中から一つ選びなさい。8

① $\frac{1}{e^2}$ 倍　② $\frac{1}{e}$ 倍　③ 1 倍　④ e 倍　⑤ $\sqrt{e}$ 倍　⑥ e^2 倍

問９　高さH_2はH_1の何倍か。正しいものを，次の中から一つ選びなさい。9

① $\frac{1}{e^2}$ 倍　② $\frac{1}{e}$ 倍　③ 1 倍　④ e 倍　⑤ $\sqrt{e}$ 倍　⑥ e^2 倍

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εとして以下の問いに答えなさい。

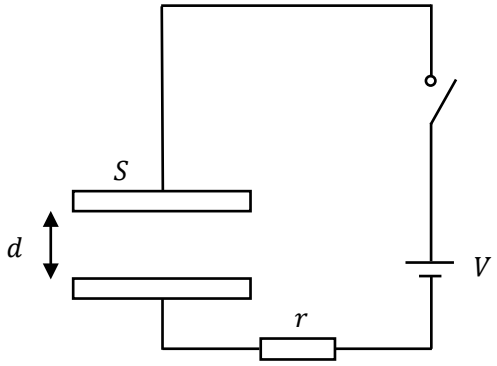

図１

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。10

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

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。11

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。12

① 0　② $\frac{\varepsilon dV}{S}$　③ $\frac{\varepsilon d}{SV}$　④ $\frac{\varepsilon SV}{d}$　⑤ $\frac{\varepsilon S}{dV}$　⑥ $\frac{SV}{\varepsilon d}$

問４　問３のとき，コンデンサーの極板間に作用する引力の大きさとして正しいものを，次の中から一つ選びなさい。13

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

問４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。

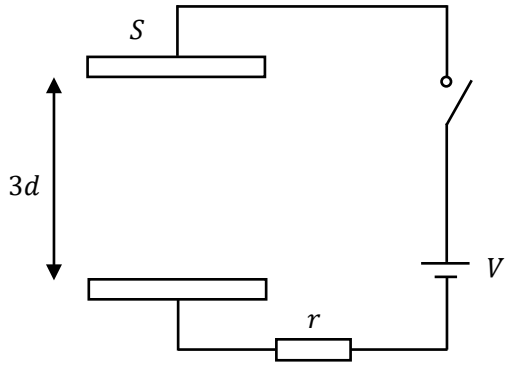

図２

問５　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。14

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６　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。15

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。

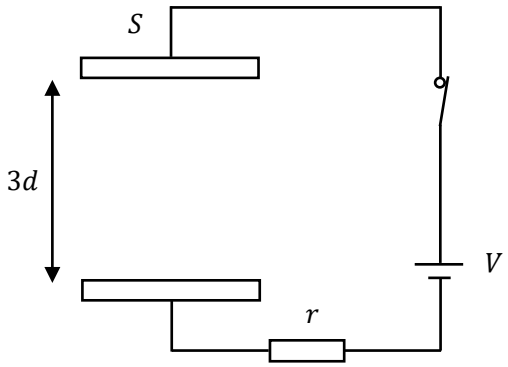

図３

問７　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。16

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８　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。17

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 $\frac{\varepsilon SV}{6d}$

問９　極板をゆっくりと動かしたため，間隔を広げる間に抵抗でジュール熱は生じなかった。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。18

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 $\frac{\varepsilon SV^2}{d}$

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。

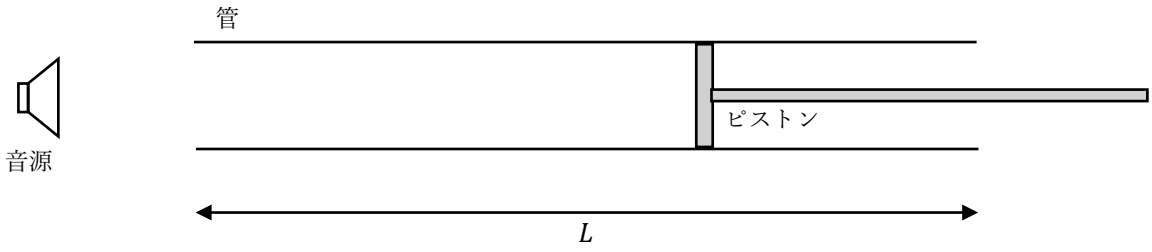

図１

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。19

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。20

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。21

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。

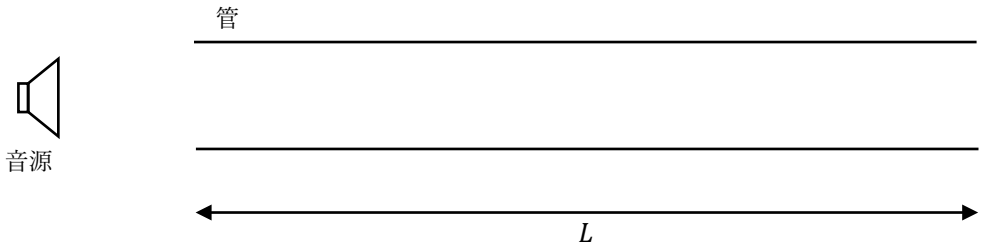

図２

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。22

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。23

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。24

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 $\frac{1}{12}f$

次に，ピストンを完全に引き出した管を 2 : 3 : 4 の長さの比に分割し，図 3 のように音源の横に並べた。3 つの音源からは同じ振動数の音が出るものとする。

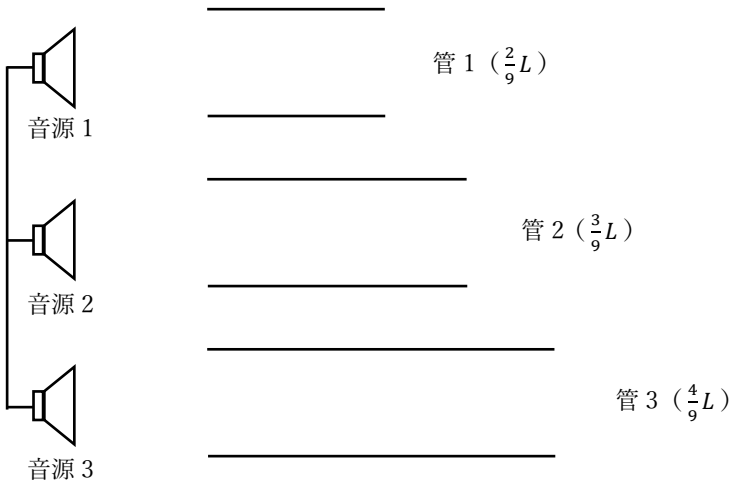

図 3

問 7　音源の振動数を0から大きくしていったとき，どの管が一番初めに共鳴するか。正しいものを，次の中から一つ選びなさい。25

① 管 1　② 管 2　③ 管 3　④ 管 1 と管 2　⑤ 管 2 と管 3　⑥ 管 1 と管 3

問 8　問 7 からさらに音源の振動数を大きくしていったところ，ある振動数になったときに全ての管が同時に共鳴した。この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。26

① $\frac{1}{4}f$　② $\frac{3}{4}f$　③ f　④ $\frac{3}{2}f$　⑤ $\frac{9}{4}f$　⑥ $\frac{9}{2}f$