

1 (教育学部・理工学部・情報学部)

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 だけ縮んだ位置 ($x = -d$) 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。台の上面はなめらかで板や小球との間の摩擦は無視できるものとして以下の問いに答えなさい。

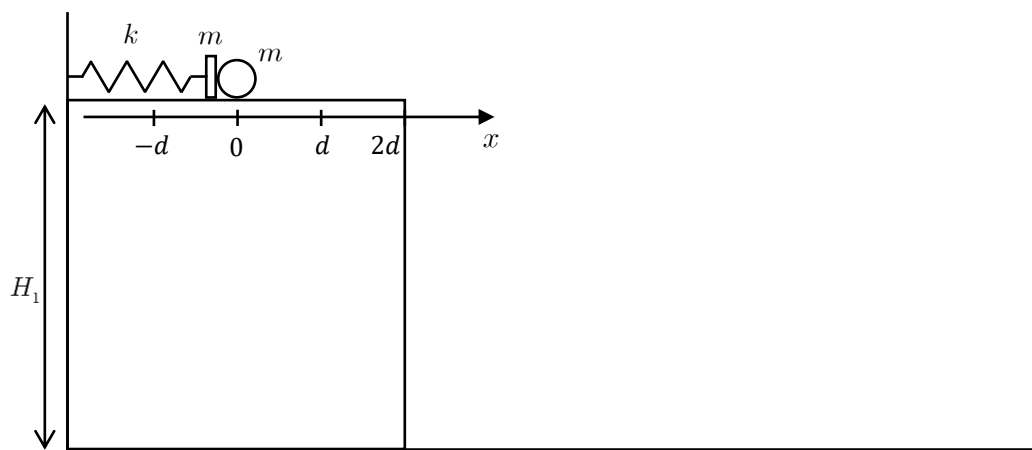


図1

問1 小球が板から離れるときの x 軸上の位置を求めなさい。

問2 小球が板から離れる直前の小球と板の速さを求めなさい。

問3 小球が板から離れた後、小球が台の端 ($x = 2d$) から飛び出す直前の速さを求めなさい。

問4 小球が板から離れた後、板は単振動をする。この単振動の振幅と周期をそれぞれ求めなさい。

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。

床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。

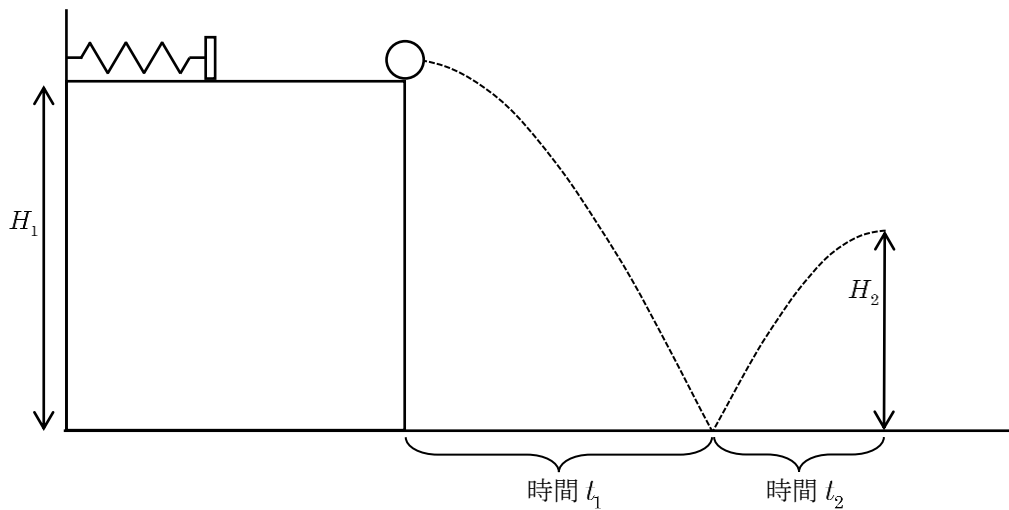


図2

問5 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 を m ， k ， d を用いて表しなさい。

問6 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 を g ， H_1 を用いて表しなさい。

問7 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 を g ， H_1 を用いて表しなさい。

問 8 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, それぞ

れ問 4, 問 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番号で答えなさい。

	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 9 時間 t_2 は t_1 の何倍か。

問 10 高さ H_2 は H_1 の何倍か。

(計算用紙)

物理（教育学部・理工学部・情報学部）の問題は次ページに続きます

2 (教育学部・理工学部・情報学部)

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。

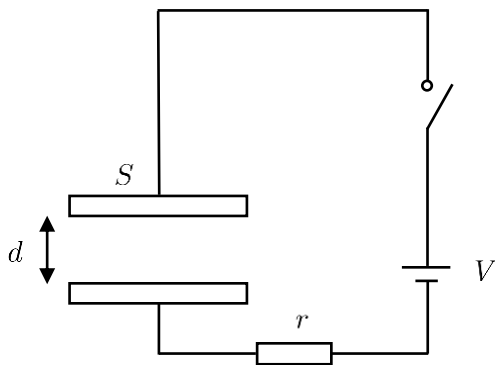


図1

問1 このコンデンサーの電気容量を求めなさい。

問2 スイッチを閉じた直後に回路を流れる電流を求めなさい。

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を求めなさい。

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を求めなさい。

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。

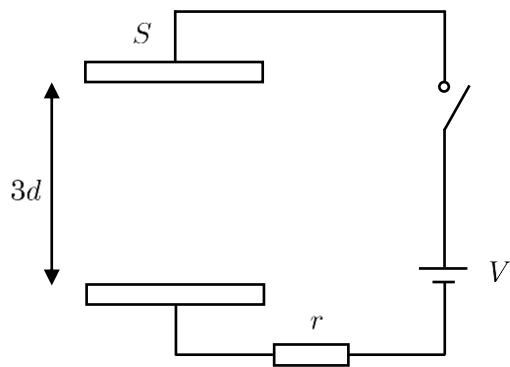


図2

問5 このとき，コンデンサーの電気容量は問1で求めた電気容量の何倍になっているか。

問6 このとき，コンデンサーに蓄えられている電気量と静電エネルギーを求めなさい。

問7 極板を動かすのに外力がした仕事を ϵ ， d ， S ， V を用いて表しなさい。

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。

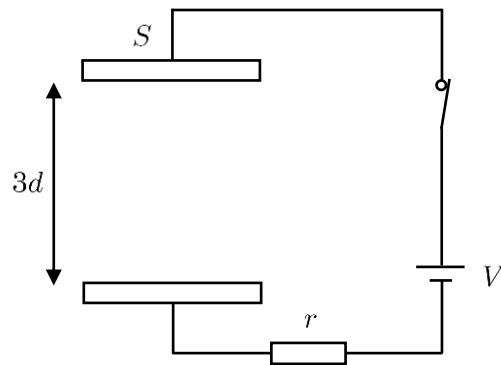


図3

問8 このとき，コンデンサーにかかっている電圧と，蓄えられている静電エネルギーを求めなさい。

問9 極板を動かす間に，電源を通過した電荷を求めなさい。ただし，電源を一極から＋極の向きに流れる電荷を正とする。

問10 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を ϵ ， d ， S ， V を用いて表しなさい。

(計算用紙)

物理（教育学部・理工学部・情報学部）の問題は次ページに続きます

3 (教育学部・理工学部・情報学部)

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。

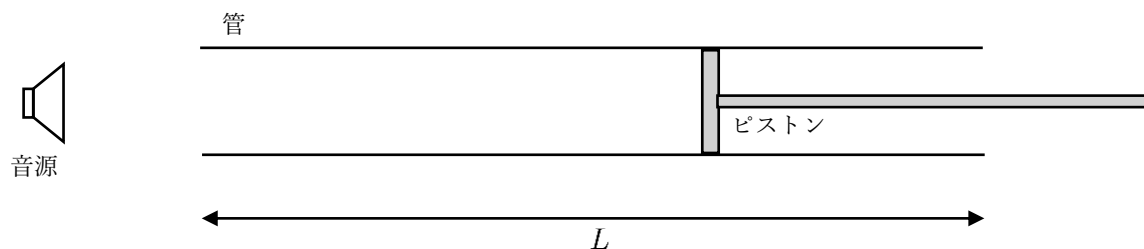


図1

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両端はそれぞれ腹か、節か、どちらでもないか。その組み合わせとして正しいものを、次の中から選び記号で答えなさい。

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
管口側 (開口端)	腹	腹	腹	どちら でもない	どちら でもない	どちら でもない	節	節	節
ピストン側 (閉口端)	腹	どちら でもない	節	腹	どちら でもない	節	腹	どちら でもない	節

問2 共鳴しているときに管内に生じている定常波の波長を求めなさい。

問3 管内の空気を伝わる音速を L ， f を用いて表しなさい。

問4 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は何回生じるか。

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。このとき管内の空気を伝わる音速は問 3 のままである。

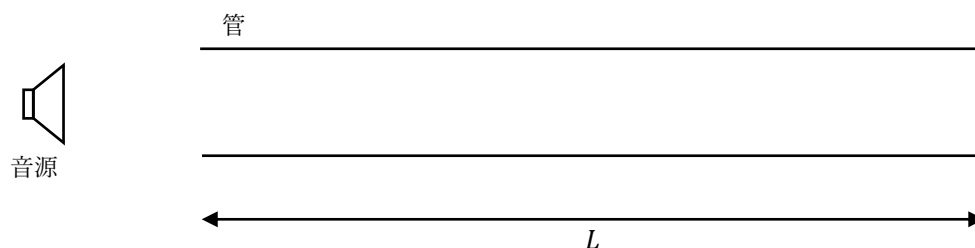


図 2

問 5 音源から出て管内を伝わる音波の波長を求めなさい。

問 6 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、次の中から選び、記号で答えなさい。

- 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 7 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を求めなさい。

問 8 問 7 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を求めなさい。

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し、管内の空気を伝わる音速は問 3 のままとする。

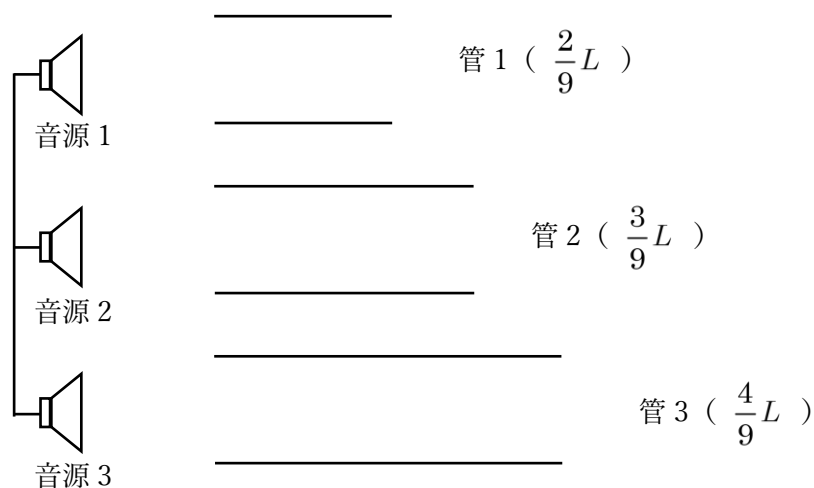


図 3

問 9 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、次の中から選び、記号で答えなさい。

- | | | |
|------------|------------|------------|
| 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 10 問 9 のときの音源の振動数を求めなさい。

問 11 問 9 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。このときの振動数を求めなさい。

物理（教育学部・理工学部・情報学部）の問題は以上です