東京女子医科大学

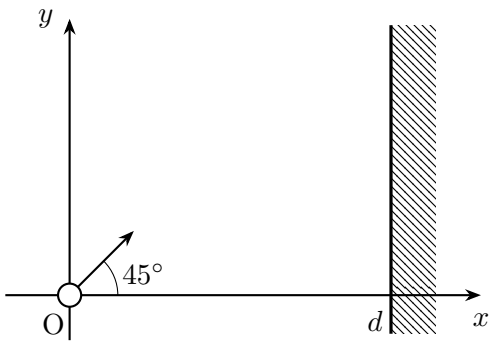
2022 年度　一般選抜　物理

（2 科目　120 分）

［注意事項］

解答用紙の（導出過程）の欄で問題文中にない物理量を用いる場合は，定義してから用いること。

I 質量 m の小球が点 O から水平より 45° 上向きに斜方投射された。この小球は，点 O から距離 d だけ離れたところにある鉛直で滑らかな壁に衝突した後，点 O に戻った。小球と壁との間の反発係数は $\frac{1}{2}$ であった。点 O を原点とし，小球の初速度の水平方向成分の向きに x 軸，鉛直上向きに y 軸をとる。小球が投射された時刻を $t = 0$ とする。重力加速度の大きさを g で表す。小球の大きさ，空気抵抗は無視できるとする。



(1)　以下の空欄を埋めよ。ただし，③〜⑧は v_0 を用いないこと。

小球の初速度の大きさを v_0 とする。v_0 を用いると，小球が $x = 0$ の位置に戻った時刻は［　①　］，その高さは［　②　］と表せる。この高さが 0 であることから，$v_0 =$［　③　］であることがわかる。

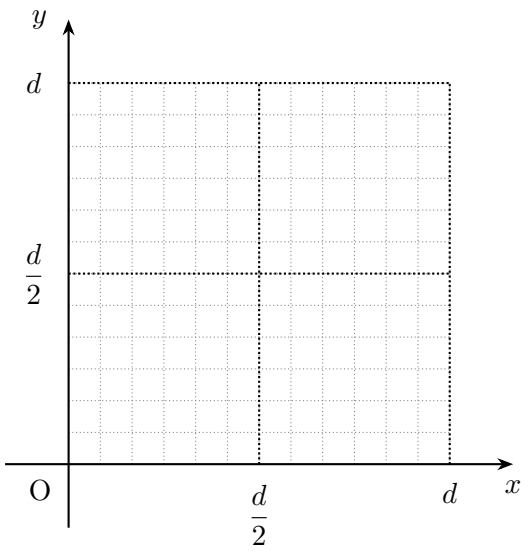
小球が壁に衝突した時刻は［　④　］，その高さは［　⑤　］である。小球が最高点に達した時刻は［　⑥　］，その位置ベクトルは（［　⑦　］，［　⑧　］）である。

(2)　小球が点 O に戻ったときの運動エネルギーは点 O から投射されたときの運動エネルギーに比べてどれだけ変化したか。ただし，解答用紙の（答）に v_0 を用いないこと。

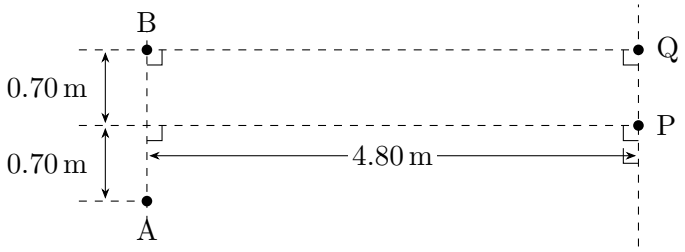
（注）解答用紙には導出過程を書く欄がある。

(3)　小球が壁に衝突した後から点 O に戻るまでの軌道を描け。

（注）解答欄には次の方眼が与えられている。



II (1)　図のような点 A，B にある 2 つの音源から振幅，振動数が等しく同位相の音が出ている。音の大きさは点 P で極大であり，点 P と点 Q の間で一度極小となり，点 Q で極大であった。音の速さを 340 m/s とする。各音源からは音が球面波となって空気中を伝わるが，音の減衰は無視できるものとする。



(a)　音の振動数を求めよ。

(b)　線分 AB 上で音の大きさが極小になる点は何個あるか。

(c)　点 A，B にある音源の音の振動数を同じだけ変化させたところ，点 P と点 Q の間にあっ

た極小の位置が点 Q に移動した。このときの音の振動数を求めよ。

(d)　点 A，B にある音源から（c）と同じ振動数の音が出ている状態で気温が上昇したとする。（c）で点 Q にあった極小の位置は，点 P に近づくか，それとも，点 P から遠ざかるか。

(2)　図のように観測者，音源，反射板が一直線上に並んでいる。観測者は静止していて，反射板は直線上を一定の速さ v_{R} で観測者から遠ざかっている。音源からは振動数 f_0 の音が出ていて，観測者は音源から直接届く音と反射板で反射された音の両方を受けとる。音の速さを V とする。また、風の影響がないものとする。



音源が静止している場合について以下の（a），（b），（c）を求めよ。

(a)　反射板が受けとる音の振動数

(b)　反射板で反射された音を観測者が受けとるときの振動数

(c)　観測者に聞こえるうなりの単位時間当たりの回数

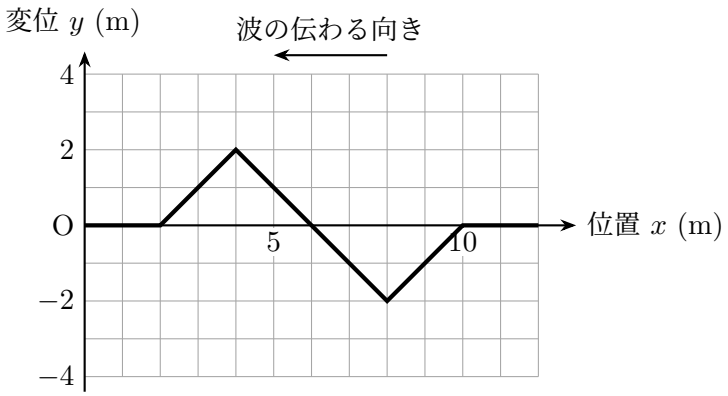
音源が直線上を一定の速さ v_{S} で観測者から遠ざかっている場合について，以下の（d），（e）を求めよ。ただし，音源と反射板の間は十分な距離があるとする。

(d)　反射板で反射された音を観測者が受けとるときの振動数

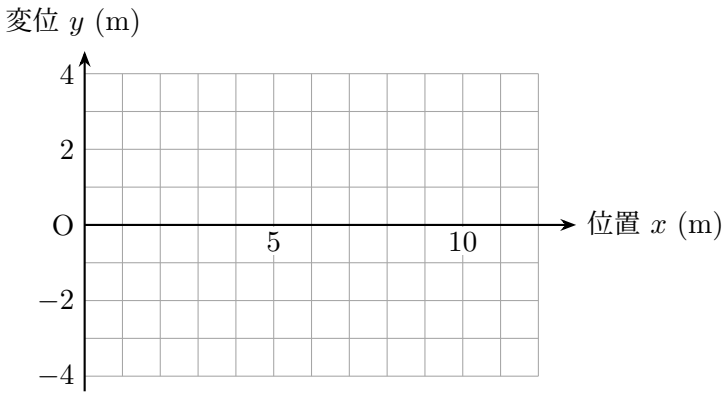
(e)　観測者にうなりが聞こえなくなるときの音源の速さ v_{S}

（注）解答用紙には導出過程を書く欄がある。

(3)　図のようなパルス波が 1 m/s の速さで左へ進み，固定端 O で反射される。この図から 5 秒後に観測される波形を描け。



（注）解答欄には次の方眼が与えられている。



III 面積の等しい金属板 A，B を図 1 のように平行にならべ，コンデンサー 1 を用意した。A は導体でできたばねと接続されており，ばねの上端と B はそれぞれ固定されている。コンデンサー 1 には電荷が蓄えられていない。コンデンサー 1 を充電するために電池を用意し，その間には抵抗とスイッチが接続されている。充電中，A は動かないように固定する。また，コンデンサー部分の電場は極板間にのみ一様に生じることとする。ばねの重さと自己インダクタンス，金属板の重さは無視できるとし，以下の問いに答えよ。

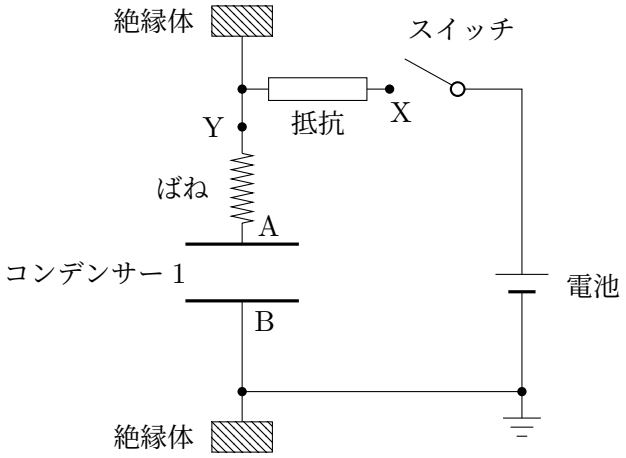
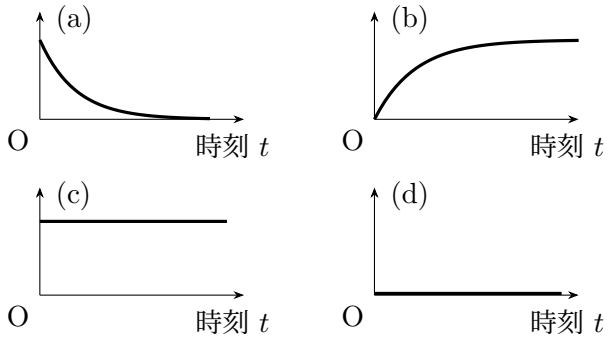


図 1

(1)　時刻 $t = 0$ でスイッチを閉じた後の 2 つの点 X，Y における金属板 B を基準とした電位と，そこを流れる電流の大きさは，それぞれ時間的にどのように変化するか。(a) – (d) より選べ。



十分に時間が経過すると，コンデンサー 1 には電荷 Q が蓄えられた。その後スイッチを開け，A を自由にしたところ，A と B の距離は d となり，ばねは自然長から $\dfrac{9d}{8}$ 伸びたところで静止した。こ

のときのコンデンサー 1 の静電エネルギーを U_0，ばねが蓄えたエネルギーを U_{S0} とする。

(2)　金属板 A に帯電した電荷 Q が AB 間につくる電場の大きさを E_0 とすると，コンデンサー 1 に蓄えられた電荷が AB 間につくる合成電場の大きさ E はどのように表せるか。

(3)　AB 間にはたらく引力の大きさ F は Q と E を用いてどのように表せるか。

つぎに，電池を取り外し，A，B と面積の等しい金属板 C，D を図 2 のように平行にならべたコンデンサー 2 を接続した。C，D は固定されており，その距離は d であった。この状態でスイッチを閉じると，A は d だけ上昇して静止した。このときのコンデンサー 1 と 2 の静電エネルギーをそれぞれ U_1 と U_2，ばねが蓄えたエネルギーを U_S とする。

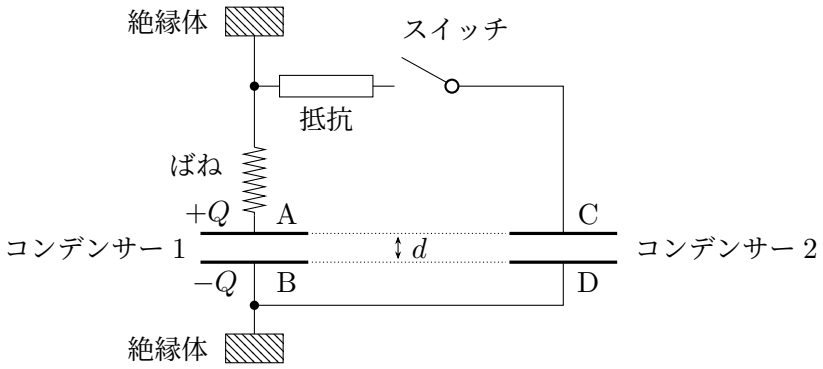


図 2

(4)　U_2 は U_1 の何倍か。

(5)　コンデンサー 2 には Q の何倍の電荷が蓄えられているか。

(6)　U_2 は U_0 の何倍か。

(7)　U_S は $U_{S0} + U_0$ の何倍か。

（注）解答用紙には導出過程を書く欄がある。

(8)　$U_1 + U_2$ は $U_{S0} + U_0$ の何倍か。

(9)　（7）と（8）の和が 1 に等しくならないのはなぜか。