

前期日程

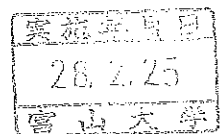
科目

物 理

理学部・医学部・薬学部・工学部

注 意

1. 開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけない。
2. 問題は1ページから6ページにわたっている。解答用紙は3枚、下書用紙は3枚で、問題冊子とは別になっている。これらが不備な場合は、直ちにその旨を監督者に申し出ること。
3. 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入すること。  
指定された解答用紙以外に記入した解答は、評価(採点)の対象としない。
4. すべての解答用紙の上部の欄に、志望学部と受験番号(2か所)を記入すること。
5. 試験終了後、問題冊子・下書用紙とも、持ち帰ること。



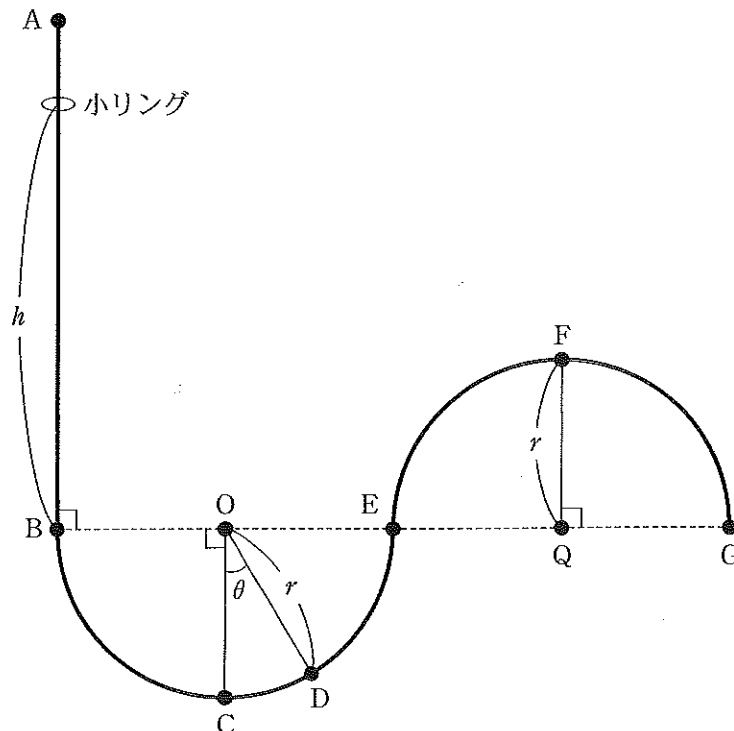
1

図のように、細い針金 ABCDEFG が鉛直な平面内に固定されている。線分 AB は垂直方向を向いており、曲線 BCDE は点 O を、曲線 EFG は点 Q をそれぞれ中心とする半径  $r$  の半円であり、点 E においてこれらふたつの半円がなめらかにつながっている。ここで、点 C は曲線 BCDE の最下点であり、点 F は曲線 EFG の最上点である。この針金に大きさが無視できる質量  $m$  の小リングを通し、点 B の鉛直上方  $h$  の高さから静かに落下させる。線分 OC と線分 OD のなす角を  $\theta$  とし、重力加速度の大きさを  $g$  とする。小リングと針金との摩擦は無視できるものとして、 $r$ 、 $m$ 、 $h$ 、 $\theta$ 、 $g$  のうち、適切なものを用いて以下の問いに答えよ。

- (1) 点 C を小リングが通過するときの速さを求めよ。
- (2) 点 C を小リングが通過するときの加速度の大きさを求めよ。
- (3) 点 D を小リングが通過するときの速さを求めよ。
- (4) 点 F を小リングが通過するために必要な条件を示せ。
- (5) 点 F を小リングが通過するとき、針金から受ける力が鉛直下向きであるために必要な条件を示せ。また、解き方も示せ。

次に、点 D から小リングを静かに離れたところ、点 C を中心に往復運動を始めた。

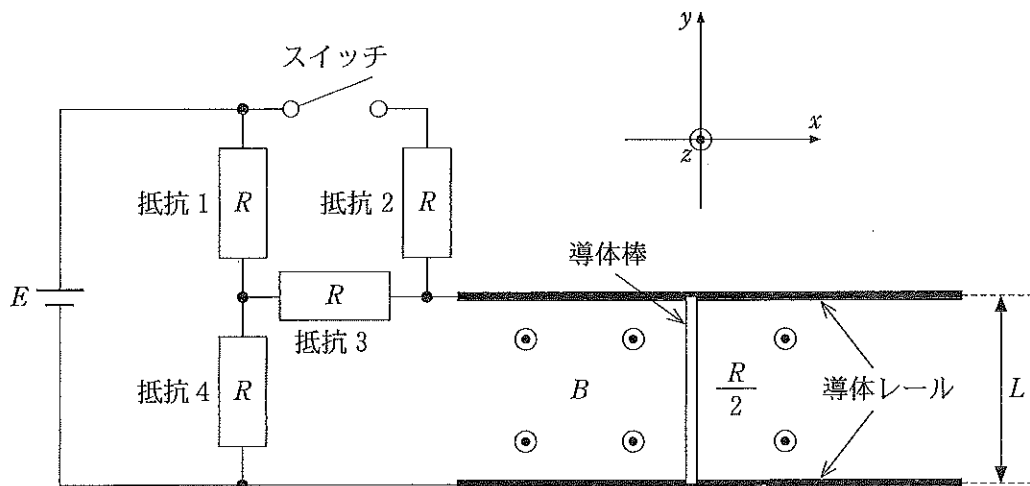
- (6) この運動の周期を求めよ。ただし、 $\theta$  が十分に小さいとして  $\sin \theta \approx \theta$  を用いよ。



**2** は、次のページから始まります。

2

磁束密度の大きさが  $B$  で、鉛直上向きの一様な磁場(磁界)がある。ここに十分に長い2本の導体レールを間隔  $L$  で水平かつ互いに平行においた。図はそれを真上から見たものである。導体レールには長さ  $L$  で抵抗値が  $R/2$  の導体棒を、レールと直角になるようにのせた。また、導体レールには抵抗値が  $R$  の4つの抵抗と起電力  $E$  の直流電源およびスイッチが図のように接続されている。直流電源の内部抵抗と導体レールの抵抗は無視できる。導体レールと導体棒との間の摩擦は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。ただし、座標軸は図のようにとり、鉛直上向きを  $z$  軸の正の向きとする。



最初は導体棒を導体レール上に固定した。

- (1) スイッチが開いた状態のとき、導体棒を流れる電流の大きさ  $I_1$  を、 $B$ 、 $E$ 、 $L$ 、 $R$  のうち適切なものを用いて表せ。
- (2) スイッチを閉じてしばらくたった後に、導体棒を流れる電流の大きさ  $I_2$  を、 $B$ 、 $E$ 、 $L$ 、 $R$  のうち適切なものを用いて表せ。
- (3) (2)のときに導体棒を流れる電流が磁場から受ける力の大きさを、 $B$ 、 $I_1$ 、 $I_2$ 、 $L$  のうち適切なものを用いて表せ。また、その力の向きとして最も適切なものを、右ページの解答選択肢のア～カのうちから一つ選べ。

次に、スイッチを閉じた状態で導体棒の固定を外して自由に動けるようにすると、導体棒が導体レールに対して直角を保ちながらレールの上を動き出した。

- (4) 導体棒の速さが  $v_1$  になったときに導体棒に発生する誘導起電力の大きさを、 $B, E, L, R, v_1$  のうち適切なものを用いて表せ。また、その誘導起電力の向きとして最も適切なものを、下の解答選択肢のア～カのうちから一つ選べ。
- (5) 導体棒の速さが  $v_2$  になったとき、抵抗  $3$  を流れる電流が  $0$  になったが、誘導起電力の大きさは  $E$  より小さかった。このとき導体棒を流れる電流の大きさを、 $B, E, L, R$  のうち適切なものを用いて表せ。また、解き方も示せ。
- (6) (5)のときの導体棒の速さ  $v_2$  を、 $B, E, L, R$  のうち適切なものを用いて表せ。また、解き方も示せ。

解答選択肢

ア	$x$ 軸の正の向き
イ	$x$ 軸の負の向き
ウ	$y$ 軸の正の向き
エ	$y$ 軸の負の向き
オ	$z$ 軸の正の向き
カ	$z$ 軸の負の向き

3 音源が発する音波について考える。ただし、空気中の音速は  $v_0$  で一定であるとし、風はないものとする。また、音源から発せられた音は観測者の方向に平面波で進み、音の反射や減衰は無視できるものとする。

(I) 図1のように、観測者と二つの音源 A, B が一直線上に並び、二つの音源は振動数  $f_0$  の同じ音波を発している。以下の問いに答えよ。

(a) 観測者が音源の間を移動しながら音の大きさを観測すると大きさに強弱があり、定常波(定在波)が発生していることがわかった。観測者が二つの音源のちょうど中央に位置したとき、音の大きさは極大となっていた。また、二つの音源の間に音の大きさの極小点は4つあった。このときの音源の間の距離  $l$  の満たすべき条件を示せ。

(b) 観測者が二つの音源の中央に静止した状態で、音源 A を左側に距離  $d$  だけゆっくり動かしたところ、音が小さくなったあと、元の大きさに戻った。音源 A を動かした距離  $d$  を求めよ。

(c) 二つの音源の振動数が異なるとき定常波は生じず、観測者にはうなりが聞こえる。音源 A のみ振動数が  $9f_0/10$  になったときに観測されるうなりの周期を求めよ。



図1

(2) 図2のように、なめらかな水平面上に振動数 $f_0$ の音源が積まれた台車を置いた。音源を含めた台車全体の質量は $M$ で、台車はばね定数 $k$ のばねで壁と結ばれて最初は静止し、ばねは自然の長さであった。このときの音源の前面の位置を原点 $O$ とし、水平右向きに $x$ 軸をとる。ここで、 $x$ 軸上で台車を自然長から長さ $x_0$ だけ引っ張り、時刻 $0$ で静かに手を放すと、台車は音速より十分に小さい速さで単振動を始めた。そのときの音波を原点 $O$ より $L$ だけ離れた点 $P$ で観測するものとする。以下の問いに答えよ。ただし、単振動の振動数は $f_0$ に比べ十分小さく、ばねの質量は無視できるものとする。また、 $L$ は $x_0$ に比べ十分長いものとする。

(a) 時刻 $t$ における音源の位置と速度を求めよ。また、時刻 $t$ に発した音波が観測されるとき  
の振動数を求めよ。

(b) 音源の速さが最初に最大となる時刻と、そのときの音源の速さを求めよ。

(c) 点 $P$ で、最初に最大の振動数が観測されたときの音源の位置を求めよ。また、解き方も  
示せ。

次に、観測者が $x$ 軸の正の向きに一定の速さ $V$ で運動を始めた。

(d) 観測される振動数の最大値と最小値を求めよ。

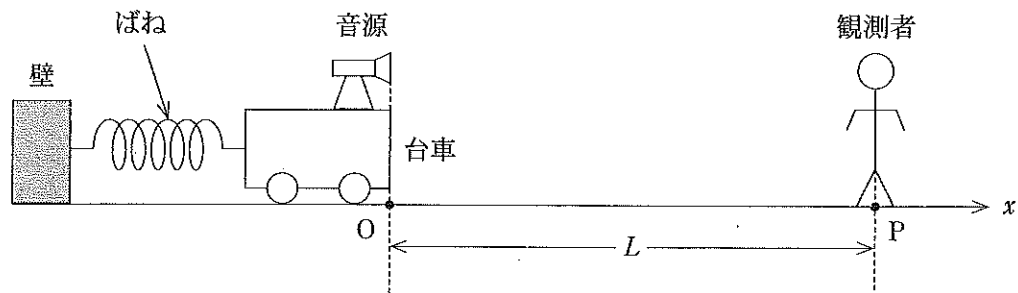


図2