

# 物 理

学 部	学 科	配 点
理工学部	全 学 科	200 点

## 注 意 事 項

1. 問題は、**1** から **2** までの計 2 問です。
2. **1** から **2** までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は、(2 の 1) から (2 の 2) の計 2 枚です。解答は、すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに、本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明およびページの落丁・乱丁等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後、問題冊子および計算用紙は持ち帰りなさい。

1 次の文章を読み、以下の問い(1)~(6)に答えよ。

図1のように、斜面と水平な床が半径  $R$  [m] の円弧の面でなめらかにつながっている。斜面と水平面とのなす角度は  $\theta$  [rad] である。点 B と点 C の間はあらい面であり、それ以外はなめらかな面である。AB 間、BC 間および CD 間の距離はそれぞれ  $L_1$  [m]、 $L_2$  [m] および  $L_3$  [m] である。質量  $m$  [kg] の小物体 P を点 A の位置に置き、静かに放すと小物体 P は斜面をすべり落ちた。

一方、なめらかで水平な床の上には、質量  $M$  [kg] の小物体 Q が静止している。小物体 Q の右端には、ばね定数  $k$  [N/m] の軽いばねがついており、ばねの残りの一端は壁に固定されている。斜面をすべり落ちた小物体 P は、やがて小物体 Q に弾性衝突した。

重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>]、あらい面と小物体 P との間の動摩擦係数  $\mu'$  は一定とし、空気の抵抗は無視できるものとする。なお、円周率を  $\pi$  とする。

- (1) 点 B での小物体 P の速さ  $v_B$  [m/s] を  $g$ 、 $L_1$ 、 $\theta$  を用いて表せ。
- (2) 点 C を通過したときの小物体 P の速さ  $v_C$  [m/s] を  $\mu'$ 、 $\theta$ 、 $g$ 、 $L_2$ 、 $v_B$  を用いて表せ。
- (3) 点 D での小物体 P の速さを  $v_D$  [m/s] とするとき、小物体 P が点 C を通過してから点 D に到達するまでの時間  $t_{CD}$  [s] を  $L_3$ 、 $v_C$ 、 $v_D$  を用いて表せ。
- (4) 点 E での小物体 P の速さを  $v_E$  [m/s] とするとき、点 E において小物体 P に作用する垂直抗力の大きさ  $N_E$  [N] を  $\beta$ 、 $g$ 、 $m$ 、 $R$ 、 $v_E$  を用いて表せ。なお、線分 OF は水平な床と垂直であり、 $\angle EOF = \beta$  [rad] とする。
- (5) 点 F で小物体 P が速さ  $v_F$  [m/s] で通過し、その後、小物体 Q に弾性衝突した。弾性衝突直後の小物体 Q の速さ  $V$  [m/s] を  $m$ 、 $M$ 、 $v_F$  を用いて表せ。さらに、ばねの最大縮みの大きさ  $s$  [m] を  $k$ 、 $m$ 、 $M$ 、 $v_F$  を用いて表せ。

(6) 小物体 P が小物体 Q に弾性衝突した後、小物体 Q は単振動を始めた。この単振動の周期  $T[s]$  はいくらか。文章中の適切な記号を用いて表せ。

なお、小物体 P と小物体 Q の衝突は 1 回限りとし、衝突後に小物体 P は取り除かれるものとする。

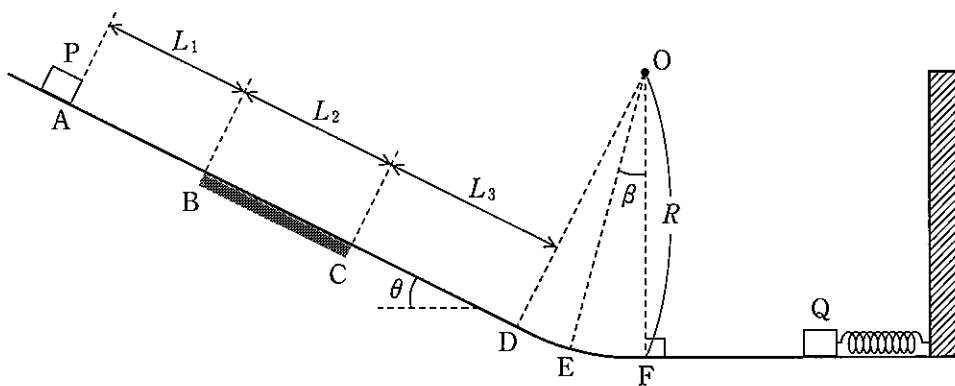


図 1

- 2 次の文章を読み、以下の問い(1)~(6)に答えよ。ただし、重力加速度の大きさを  $g(\text{m/s}^2)$  とする。

図2のように、絶縁体の板が固定台と重量計の上に置かれている。固定台は、地面 ( $xy$  平面) の  $y$  軸に平行な稜線  $ab$  をもつ。板は稜線  $ab$  において角度  $\theta$  で折れ曲がっている。固定台と同じ高さをもつ重量計は固定台から距離  $L_1(\text{m})$  だけはなれた場所で、稜線  $ab$  に平行になるように設置されている。板の水平部には、稜線  $ab$  から距離  $L_2(\text{m})$  の位置に質量  $M(\text{kg})$  の細い棒状のおもりが置かれている。また、板の斜面の両側には、点  $a$ ,  $b$  を基点とする直線状の2本の平行な導線レールが間隔  $w(\text{m})$  で設置されている。点  $a$  と点  $b$  の間に、内部抵抗が無視できる直流の電源と、抵抗値  $R(\Omega)$  の抵抗が接続されている。また、導線レールおよび配線の電気抵抗は無視できるものとする。板、導線レール、電源、抵抗、配線の質量も無視できる。板は変形せず、また、固定台からずれないものとする。

(I) 電気抵抗の無視できる質量  $m(\text{kg})$  の円柱状の導体棒を、水平距離  $L_3(\text{m})$  の位置で稜線  $ab$  に平行になるように導線レール上に固定した。このとき、導体棒には  $z$  軸の正の方向へ磁束密度  $B(\text{T})$  の一様な磁場がかかっている。

- (1) 電源の電圧が0であるとき、重量計にかかる力の大きさ  $(\text{N})$  を求めよ。
- (2) 電源の電圧を  $V_1(\text{V})$  に設定した。電源は  $b$  が負極、 $c$  が正極である。電流が流れている導体棒が磁場から受ける力の大きさ  $(\text{N})$  を求めよ。
- (3) (2)のとき、重量計にかかる力の大きさ  $(\text{N})$  を求めよ。

(II) 次に、磁束密度  $B(\text{T})$  の一様な磁場はそのまま、導体棒が  $y$  軸に平行な状態でレール上を移動できる場合を考える。ただし、導体棒とレールの間の摩擦、導体棒にはたらく空気抵抗は無視してよい。

- (4) 電源の電圧を調整しながら導体棒をそっと離すと、電圧が  $V_2$  [V] のときに導体棒が斜面上で静止した。このとき、bとcのどちらが電源の正極か答えよ。また、電圧  $V_2$  [V] を求めよ。
- (5) 電源の正極と負極は(4)のまま、電圧を  $V_2$  [V] から  $V_3$  [V] に減少させると、導体棒は斜面を加速しながら下り始めた。斜面と平行な速度が  $v_0$  [m/s] であるとき、導体棒に誘導される誘導起電力 [V] を求めよ。また、導体棒に流れる電流 [A] を求めよ。
- (6) 電源の電圧を  $V_3$  [V] に保ったまま十分に長い時間が経過すると、導体棒は一定の速度で移動した。  $t$  秒間一定の速度で移動するとき、抵抗で消費される電力量 [J] を求めよ。

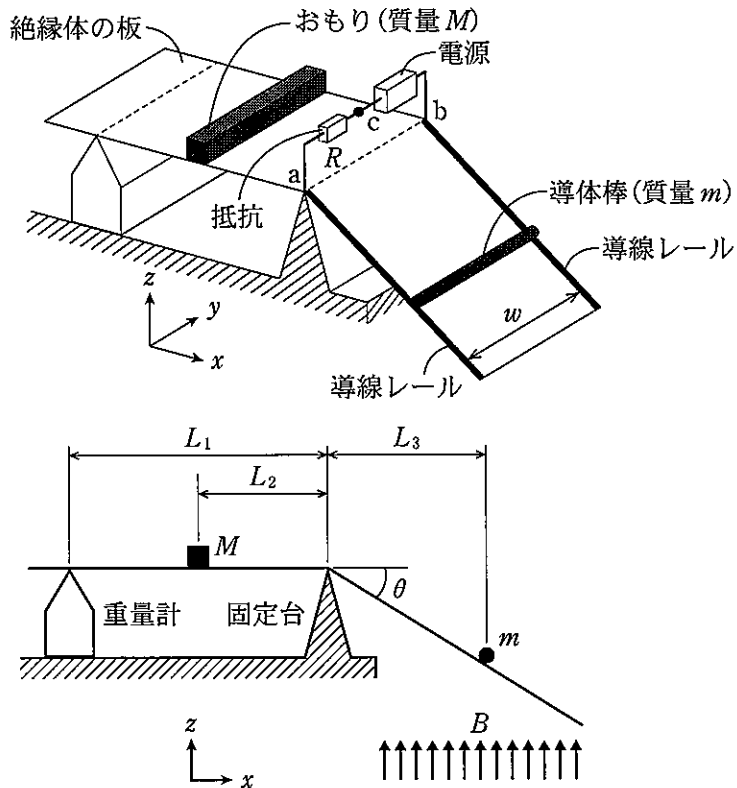


図 2