

1 以下の設問に答えなさい。

図1のように、水平面に対して θ の角をなす斜面を考える。斜面の下部には斜面に沿って動くばね定数 k のばねを配置し、ばねの下端を斜面に取り付けた台に固定する。ばねの上端に質量 M の物体1を取り付け、つり合いの位置である点 O に静かに置く。このときばねは自然長から l だけ縮んだ。斜面は物体との摩擦がない滑らかな面であり、ばねの質量、物体1の大きさ、空気抵抗は無視してよい。重力加速度の大きさを g とする。

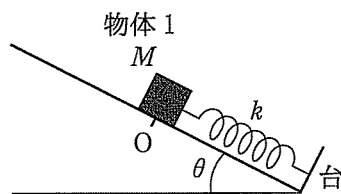


図1

問1 (1) l を、 M 、 g 、 k 、 θ を用いて表しなさい。

(2) つり合いの位置から、ばねが自然長になる位置まで物体1を引き上げて静かにはなすと、物体1は振動した。この振動の周期 T と速さの最大値 V_1 をそれぞれ表しなさい。使ってよい記号は l 、 M 、 k とする。

問 2 物体 1 を点 O に静かに置く。図 2 のように点 O から斜面に沿って距離 $3L$ 上方にある点 A と、点 A から下方に距離 L 離れた点 B との間の斜面を動摩擦係数 μ' の粗い面にする。それ以外は物体との摩擦がない滑らかな面である。点 A に質量 m の物体 2 を静かに置くと、物体 2 は斜面に沿って下り始めた。このときの物体 2 の加速度を a とする。斜面に沿って下向きを速度と加速度等の正の向きとする。物体 2 の大きさは無視してよい。

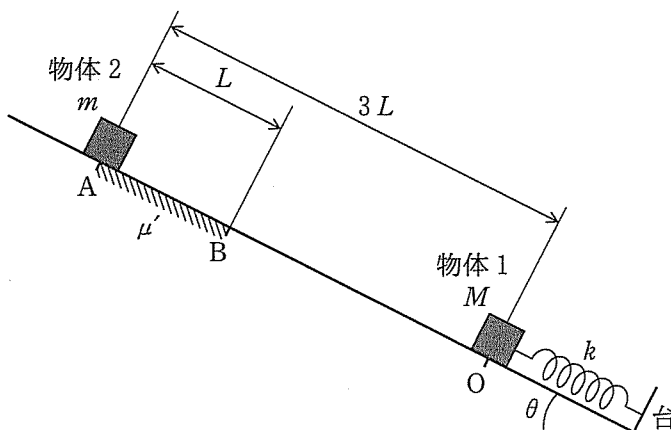


図 2

- (3) 物体 2 が点 A と点 B の間にあるとき、 a を、 g 、 μ' 、 θ を用いて表しなさい。
- (4) 物体 2 が点 A から点 B に達するまでにかかる時間を、 L 、 a を用いて表しなさい。
- (5) 物体 2 が点 A から点 B に達するまでに、動摩擦力が物体 2 にした仕事を、 m 、 L 、 g 、 μ' 、 θ を用いて表しなさい。

物体 2 は、点 B を通り過ぎ、速度 v_2 で点 O に達し、物体 1 に衝突した。衝突の直後、物体 2 は速度 v_2' 、物体 1 は速度 v_1' となった。この衝突に要する時間は無視でき、衝突の際ばねの影響はないものとしてよい。その後、物体 1 は斜面に沿って下方に動き、点 O から距離 d 離れた位置で速度が 0 になった。物体 1 と物体 2 の間の反発係数 (はね返り係数) を e とし、物体 1 の速度が 0 になるまで物体 1 と物体 2 との再衝突はないものとする。物体 1 と物体 2 は斜面に沿って一直線上を運動するものとする。

- (6) v_2 を、 L, g, μ', θ を用いて表しなさい。
- (7) v_1' と v_2' を、 v_2, M, m, e を用いて表しなさい。
- (8) 衝突直後の物体 1 の運動エネルギー K_0 、重力による位置エネルギー U_0 、このときのばねの弾性エネルギー S_0 をそれぞれ表しなさい。また、衝突の後に物体 1 が下方に動き速度が 0 になった位置での物体 1 の運動エネルギー K 、重力による位置エネルギー U 、ばねの弾性エネルギー S をそれぞれ表しなさい。ただし、重力による位置エネルギーは点 O を通る水平面を基準面とし、使ってよい記号は $v_1', M, k, l, d, \theta, g$ とする。
- (9) d を、 v_1', k, M を用いて表しなさい。

2 以下の設問に答えなさい。

問 1 図 1 のように、内部抵抗が r_A の直流電流計 A，内部抵抗が十分大きい直流電圧計 1，2，起電力が E で内部抵抗が r の電池， $0\ \Omega$ から $5.00\ \Omega$ まで抵抗を連続的に変えることのできる可変抵抗，スイッチ S_1 ， S_2 を用いた回路を考える。可変抵抗の抵抗値を R_1 で表す。

- (1) S_1 ， S_2 をともに開いたときに，直流電圧計 1 の目盛りが $1.60\ \text{V}$ になった。 E の値を答えなさい。
- (2) 次に， S_2 のみを閉じた。このとき，直流電流計 A が $0.400\ \text{A}$ ，直流電圧計 1 が $1.50\ \text{V}$ ，直流電圧計 2 が $1.48\ \text{V}$ を示した。 r ， r_A ， R_1 の値を求めなさい。
- (3) 次に， S_1 ， S_2 をともに閉じた。可変抵抗が消費する電力 P の逆数 $1/P$ を E ， r ， r_A ， R_1 のうち必要なものを用いて表しなさい。
- (4) S_1 ， S_2 を閉じたまま R_1 の大きさを変えて， P を最大にする。そのときの P を P_{\max} とする。 P_{\max} を E ， r ， r_A のうち必要なものを用いて表しなさい。

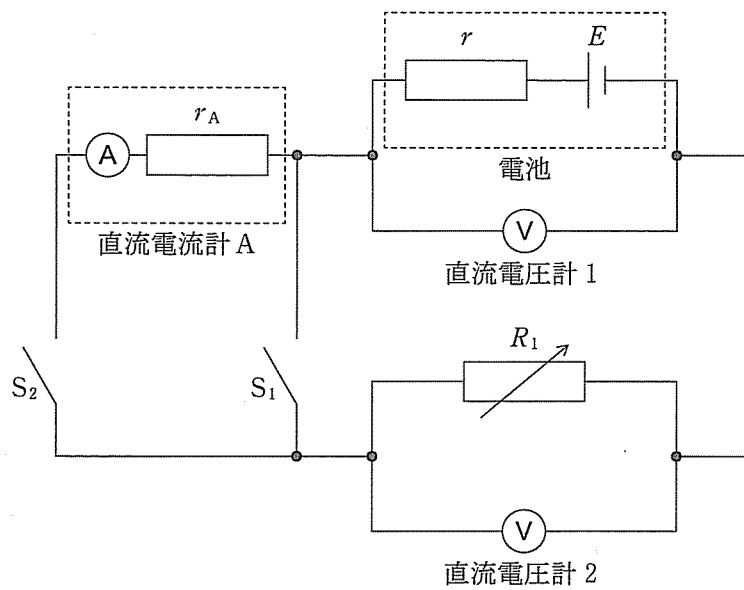


图 1

問 2 内部抵抗 r_B が 4.95Ω で、最大 10.00 mA まで測定できる直流電流計 B がある。最大 1.000 A まで測定できるように、図 2 のように直流電流計 B と並列に、抵抗値 R_2 をもつ分流器を接続した。

- (5) R_2 の値を答えなさい。
- (6) 端子 a と端子 b に電源をつなぎ、 800 mA の電流を端子 a から端子 b へ (図 2 の矢印の向きに) 流す。直流電流計 B を流れる電流を求めなさい。
- (7) (6) の電源を外し、図 2 の回路に時間に比例して強くなる一様な磁界を、回路 cdef が作る面と磁界が垂直になるようにつけた。このとき、e から d へ 2.00 mA の電流が流れた。回路 cdef を貫く磁束を Φ とするとき単位時間あたりの磁束の変化量 $\Delta\Phi/\Delta t$ を求めなさい。また、磁束が回路 cdef を貫く向きが紙面の裏から表に向かう向きか、紙面の表から裏に向かう向きのどちらであるか答えなさい。ただし、直流電流計は磁界の影響を受けないものとし、誘導電流によって生じた磁界は無視してよい。
- (8) (7) において磁界による誘導電流が流れているときに、磁界が回路に供給する電力を $\Delta\Phi/\Delta t$ 、 r_B 、 R_2 を用いて表しなさい。

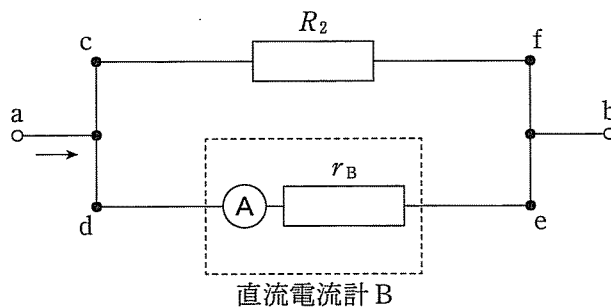


図 2