

[問題：物理]

注意 問題は 1, 2 の 2 題である。

問題 1 図 1 のように、水平面からの角度 θ [rad] ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) のなめらかな斜面がある。大きさが無視できる質量 m [kg] の小球を、点 O から初速 v_0 [m/s]、斜面からの角度 α [rad] ($0 < \alpha + \theta < \frac{\pi}{2}$) で、時刻 $t = 0$ に打ち上げた。小球は最高点に達した後に落下し始め、時刻 $t = t_P$ [s] に点 P で斜面に衝突し、はね返った。このとき、以下の問題に答えよ。なお、空気抵抗は無視し、重力加速度は g [m/s²] とせよ。解答は、 $v_0, \theta, \alpha, m, g, t$ から必要な記号を用いて示せ。

- (1) 点 P で斜面に衝突するまでの時間において、小球が最高点に達したときの点 O からの高さ h [m] を求めよ。
- (2) 図 1 のように、点 O を原点とし、斜面に沿って上向きを正に x 軸、斜面に垂直で上向きを正に y 軸をとったとき、 x 方向と y 方向のそれぞれの初速度 v_{0x} [m/s]、 v_{0y} [m/s] を求めよ。
- (3) 時刻 t [s] ($0 < t < t_P$) における速度の x 成分 $v_x(t)$ [m/s]、および y 成分 $v_y(t)$ [m/s] を求めよ。
- (4) 時刻 t_P を求めよ。
- (5) 斜面と小球間のはねかえり係数(反発係数)が 1 のとき、斜面に衝突した小球は鉛直上向きに上がった。図 1 に示すように、はねかえり直前の運動方向の接線と、斜面に対する垂線がなす角度を角度 β [rad] ($0 < \beta < \frac{\pi}{2}$) とする。この角度 β を求めよ。
- (6) (5) のとき、角度 α と角度 θ の関係を $\tan \alpha =$ の形で示せ。(はねかえり直前の $v_y(t)$ は負であることを注意せよ。)

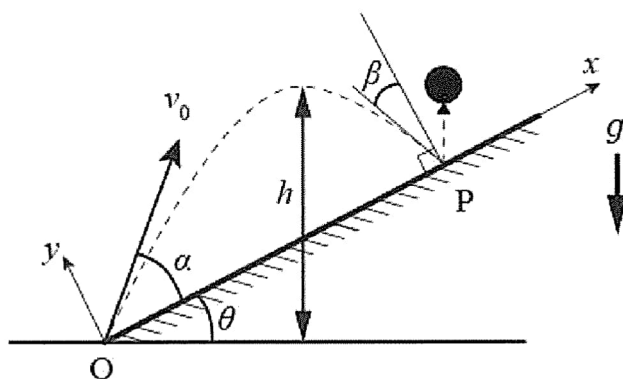


図 1

問題2 図2のように、電気容量 C_A [F] のコンデンサーA、電気容量 C_B [F] のコンデンサーB、抵抗値 R [Ω] の抵抗、2つのスイッチ (S_1 , S_2)、起電力 V [V] の電池で構成された回路を考える。初期状態では2つのスイッチは開かれており、コンデンサーA、Bともに電荷はないものとする。また、電池の内部抵抗、配線の抵抗、スイッチの接触抵抗は無視できるほど小さいとする。以下の(1)~(3)に答えよ。ただし、解答は C_A , C_B , R , V から必要な記号を用いて示せ。

スイッチ S_1 , S_2 をそれぞれ a_1 , a_2 の位置に同時につないだ。

(1) その瞬間に抵抗に流れる電流の大きさ [A] を求めよ。

その後、十分に時間を経過させた。

(2) この間に電池のした仕事 W [J] と、コンデンサーAに充電された電気量の大きさ Q_A [C] と静電エネルギー U_A [J] を求めよ。また、電池のした仕事 W と静電エネルギー U_A の差は何になったか。15文字以内で答えよ。

つづいて、スイッチ S_1 , S_2 をそれぞれ b_1 , b_2 の位置に同時につなぎかえた後、十分に時間を経過させた。

(3) コンデンサーBに蓄えられている電気量の大きさ [C] を求めよ。

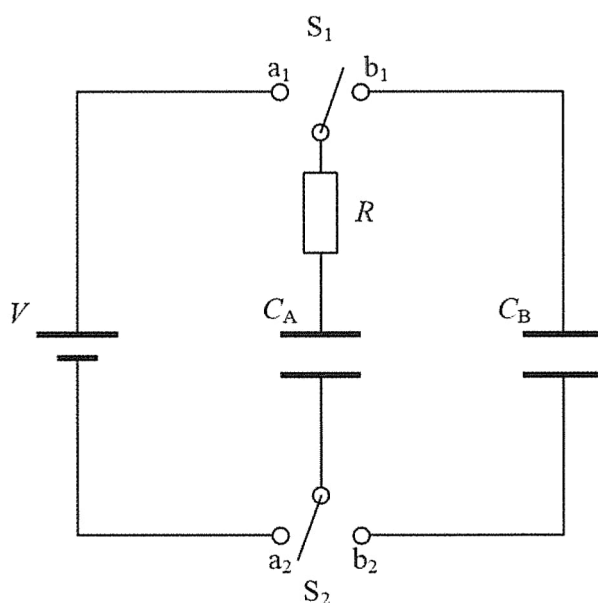


図2

次に、電極面積が S [m²]、電極間距離が d [m] のコンデンサーD について考える。コンデンサーD は、誘電体を挿入したり、抜き取ったりできるようになっている。空気の誘電率は真空の誘電率 ϵ_0 [F/m] と同じとする。誘電体の比誘電率は ϵ_r であり、その誘電率は $\epsilon_r \epsilon_0$ [F/m] である。また、初期状態ではコンデンサーD に電荷はないものとする。以下の(4)～(6)に答えよ。ただし、解答は S , d , ϵ_0 , ϵ_r , V から必要な記号を用いて示せ。

(4) 図 3 のように、コンデンサーD の電極間がすべて空気で満たされているときの電気容量 [F] を求めよ。

図4(a)のように、コンデンサーD の電極間全体に誘電体を挿入した。このコンデンサーD を、図4(b)に示す抵抗、起電力 V [V] の電池で構成された回路を用いて十分に充電した。

(5) このとき、コンデンサーD に蓄えられている電気量の大きさ [C] を求めよ。

つづいて、図4(b)の回路からコンデンサーD を端子 X, Y の位置で外した後、コンデンサーD から誘電体を完全に抜き取り、コンデンサーD の電極間をすべて空気で満たした。このとき、コンデンサーD の電極間の電界は、電極に垂直で一様であった。

(6) このとき、コンデンサーD の電極間の電界の大きさ [V/m] を求めよ。

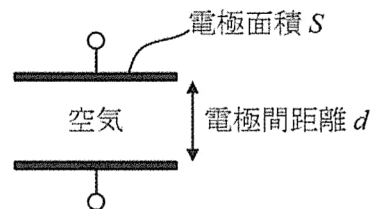


図 3

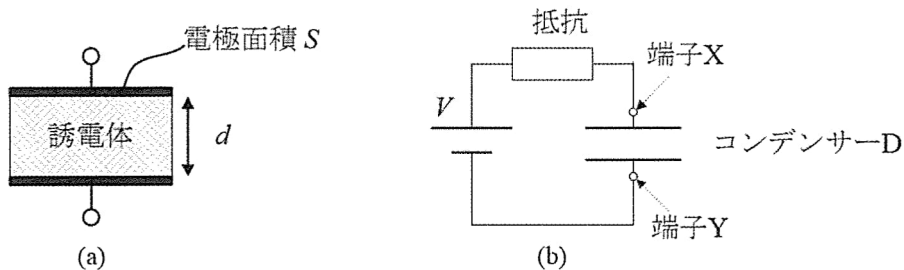


図 4