

注意 問題は1, 2の2題である。

問題1 図1のように、一端を固定した糸につるされた小球を、糸がゆるまないように高さ h_0 [m] だけ持ち上げてから静かに手を放した。糸は伸び縮みせず、糸の重さは無視できるものとする。粗い水平面上の点 O で静止している物体の重心に向けて、小球は水平面に触れることなく最下点で衝突した。小球と物体の質量を、それぞれ m [kg], M [kg] とする。また、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、空気による抵抗は無視してよい。水平方向の速度の符号は、図1の x 方向を正にとる。以下の問いに答えよ。

(1) 衝突直前の小球の速度 v_0 [m/s] を求めよ。解答には、 g , h_0 を用いよ。

次に、衝突後の小球と物体の水平方向の運動を考える。衝突後、物体は回転することなく図1の x 方向に動き、減速して静止した。小球と物体の反発係数を e とし、衝突は一瞬で終わるものとする。衝突直後の小球と物体の速度を、それぞれ v_1 [m/s], V [m/s] とする。物体と水平面との間の動摩擦係数を μ' とする。

(2) 衝突から物体が静止するまでの物体の加速度を求めよ。解答には、 μ' , g を用いよ。

(3) 衝突から物体が静止するまでの時間を求めよ。解答には、 V , μ' , g を用いよ。

(4) 衝突から物体が静止するまでの間に、物体が点 O から移動した距離を求めよ。解答には、 V , μ' , g を用いよ。

(5) 衝突直後の物体の速度 V を、 v_0 , v_1 , e を用いて表せ。

(6) 衝突前後における運動量保存の式を、 m , M , v_0 , v_1 , V を用いて表せ。

(7) (5)と(6)の解答を用いて、衝突直後の小球の速度 v_1 と物体の速度 V を求めよ。解答には、 m , M , v_0 , e を用いよ。

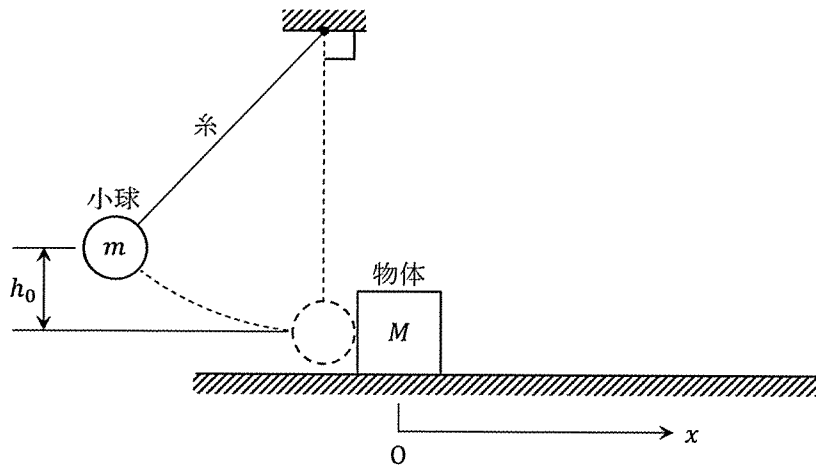


図1

問題2 図2に示すように電圧 V_1 [V], V_2 [V] の直流電源に自己インダクタンス L [H] のコイル, 電気容量 C [F] のコンデンサー, 抵抗値 R [Ω] の抵抗器とスイッチ1, 2が接続された回路がある。コイルは長さ l [m], 断面積 A [m²] の鉄心に1 mあたり n 回巻かれている。鉄心の透磁率は μ [H/m] である。また, コンデンサーは面積 S [m²] の平行極板でできており, 平行極板間の距離は d [m] である。平行極板間には誘電率 ϵ [F/m] の誘電体が挿入されている。なお, 抵抗器以外の抵抗および直流電源の内部抵抗は無視できるものとする。以下の問いに答えよ。

最初に, スイッチ1を端子 a, スイッチ2を端子 a' に接続した。

- (1) 時間 Δt [s] の間に, コイルに流れる電流が ΔI_1 [A] だけ変化した。コイルを貫く磁束の変化量を $\mu, n, \Delta I_1, A$ を用いて求めよ。
- (2) コイルに発生する誘導起電力の大きさを $\mu, n, l, \Delta t, \Delta I_1, A$ を用いて求めよ。
- (3) 十分に時間がたったとき, コイルに流れる電流は変化せず一定の値となった。このとき, コイルが作る磁束密度の大きさを μ, n, V_1, R を用いて求めよ。

次に, スイッチ1を端子 b, スイッチ2を端子 b' に接続した。十分に時間がたったとき, コンデンサーに電流は流れなくなった。

- (4) コンデンサーの電気容量 C を ϵ, S, d を用いて求めよ。
- (5) コンデンサーに蓄えられた電荷量とエネルギーを ϵ, S, V_2, d を用いて求めよ。

さらに, スイッチ1を端子 b のまま, スイッチ2を端子 a' に接続したところ, 振動電流が流れた。

- (6) 電流の角周波数を ω [rad/s] とすると, コイルに流れる電流の最大値は, $\frac{V_2}{\omega L}$ [A] であり, コンデンサーに流れる電流の最大値は $\omega C V_2$ [A] である。このとき, コイルが作る磁束密度の最大値を $\mu, l, A, \epsilon, d, S, V_2$ を用いて求めよ。

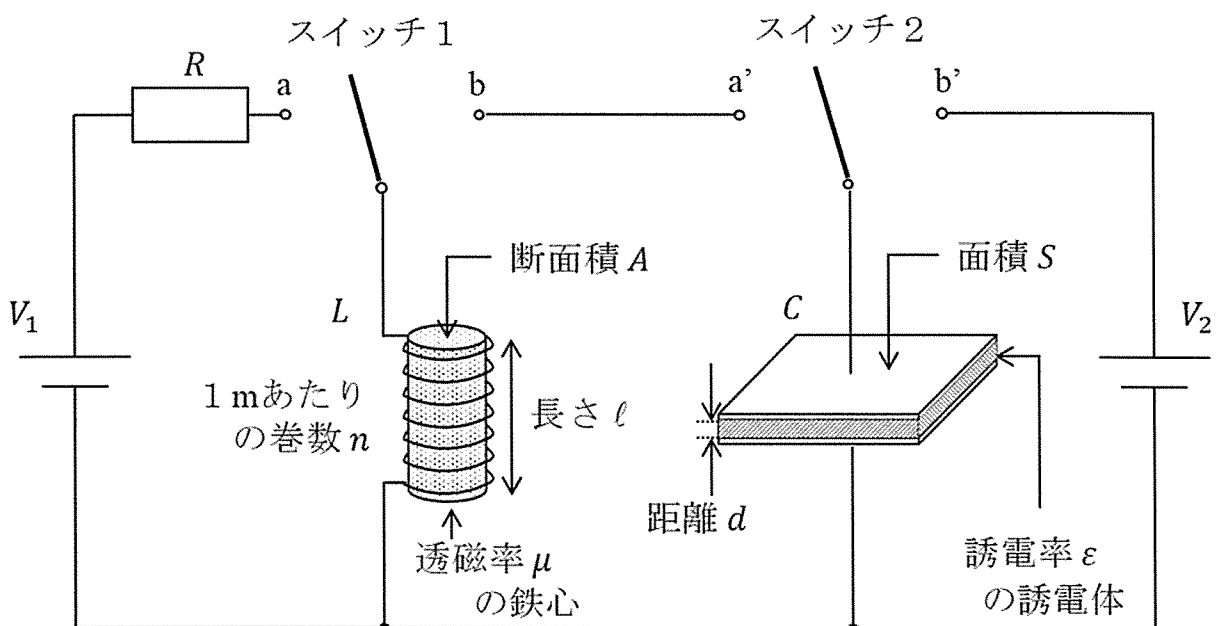


図2