



[令和 7 年度入学試験問題：前期]

物 理

(80 分)

工 学 部

電子システム工学科

注 意 事 項

1. 解答開始の合図があるまで、この問題冊子および解答冊子の中を見てはいけません。また、解答開始の合図があるまで、筆記用具を使用してはいけません。
2. 問題は 2 題で、5 ページあります。
3. 解答開始後、解答冊子の表紙所定欄に受験番号、氏名をはっきり記入しなさい。表紙にはこれら以外のことを書いてはいけません。
4. 解答は、すべて解答冊子の指定されたページに書きなさい。解答に関係のないことを書いた答案は無効にすることがあります。
5. 解答冊子は、どのページも切り離してはいけません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。解答冊子を持ち帰ってはいけません。

問題 I

次の文章を読んで、 に適した式または数値を解答欄に記入せよ。また、問 1 ～ 問 4 に導出過程を示して答えよ。なお、重力加速度の大きさを g [m/s²]、円周率を π とし、空気の抵抗は無視できるものとする。

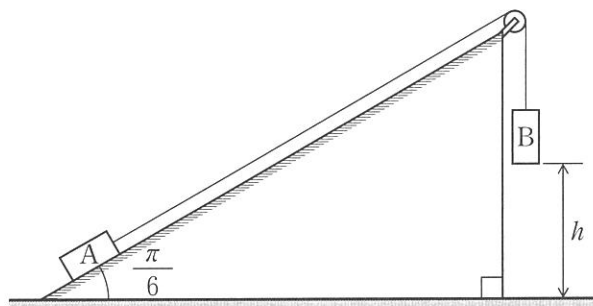


図 1

図 1 に示すように、じゅうぶんに長くてあらい斜面をもち、斜面と底面のなす角が $\frac{\pi}{6}$ rad である直角三角形の台が水平面上に固定されている。質量が無視できて伸び縮みしない糸を取り付けた質量 M [kg] の物体 A を斜面上に置き、斜面の上端にある軽くてなめらかに回転できる滑車を通して鉛直方向に自由に動ける質量 m [kg] の物体 B を連結する。また、物体 B は下面が水平面からの高さ h [m] となる位置で静止させておく。物体 A はその底面が斜面から離れることなく、斜面に沿って紙面に平行な平面内のみを移動する。物体 B の下面が水平面に到達するまで糸にたるみはない。また、物体 B の下面が水平面に到達した後、糸が物体 A と物体 B および滑車にからむことはない。なお、物体 A と斜面との間の動摩擦係数を $\frac{1}{2\sqrt{3}}$ とする。

物体 B を静かに放すと降下をはじめ、物体 A も斜面上方へ向かって動きはじめた。このとき、物体 A にはたらく重力の斜面に平行な成分の大きさは ア [N]、物体 A が斜面から受ける垂直抗力の大きさは イ [N] であることから、物体 A および物体 B の加速度の大きさを a_1 [m/s²]、糸の張力の大きさを S [N] とすると、斜面に沿って上向きを正とした場合の物体 A の運動方程式は M 、 g 、 S を用いて、

$$Ma_1 = \text{ウ} \quad \text{ウ}$$

と表せる。また、鉛直下向きを正とした場合の物体 B の運動方程式は m , g , S を用いて、

$$ma_1 = \boxed{\text{エ}}$$

となるため、 a_1 と S は M , m , g を用いて、それぞれ $\boxed{\text{オ}}$ $[\text{m/s}^2]$, $\boxed{\text{カ}}$ $[\text{N}]$ と表せる。

問 1 物体 B の下面が水平面に到達する直前の物体 A および物体 B の速さ v $[\text{m/s}]$ を M , m , g , h を用いて表せ。

物体 B はその下面が水平面に到達してただちに停止し、物体 A は斜面上方へ向かって運動をつづけた。このとき、物体 A の加速度の大きさを a_2 $[\text{m/s}^2]$ とすると、糸の張力の大きさは $\boxed{\text{キ}}$ $[\text{N}]$ であることから、斜面に沿って下向きを正とした場合の物体 A の運動方程式は、

$$Ma_2 = \boxed{\text{ク}}$$

となり、 a_2 は g を用いて $\boxed{\text{ケ}}$ と表せる。

その後、物体 A は滑車に到達することなく斜面の途中で停止した。物体 B の下面が水平面に到達してから物体 A が停止するまでにかかる時間は M , m , g , h を用いて $\boxed{\text{コ}}$ $[\text{s}]$, 移動した距離は M , m , h を用いて $\boxed{\text{サ}}$ $[\text{m}]$ と表せる。また、物体 A が最初の位置から運動をはじめて停止するまでの間に移動した距離は M , m , h を用いて $\boxed{\text{シ}}$ $[\text{m}]$ と表せる。

問 2 物体 B の下面が水平面に到達したとき、物体 B がもっていた運動エネルギーはすべて物体 B の温度上昇にのみ使われ、物体 B の温度が均一に ΔT $[\text{K}]$ だけ上昇した。物体 B の比熱を c $[\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$ とし、 ΔT を M , m , g , h , c を用いて表せ。

問 3 物体 A と斜面との間の静止摩擦係数を μ とするとき、物体 A が斜面上で停止した後に静止しつづけるための μ の条件を示せ。

問 4 物体 A が最初の位置から運動をはじめ停止するまでの間に動摩擦力が物体 A にした仕事の大きさ W $[\text{J}]$ を M , m , g , h を用いて表せ。

問題 II

次の文章を読んで、に適した式または数値を、 $\{ \quad \}$ には適切な語句を解答欄に記入せよ。また、問1～問3に答えよ。問1および問2には導出過程も示せ。なお、導線とスイッチの電気抵抗、および電池の内部抵抗は無視できるものとする。

図1に示すように、起電力 E [V] の電池 E 、抵抗値が R [Ω] の抵抗 R 、電気容量がそれぞれ C , $4C$, $2C$, C [F] のコンデンサー C_0 , C_1 , C_2 , C_3 、およびスイッチ S_0 , S_1 , S_2 , S_3 を導線で接続した。スイッチ S_1 , S_2 , S_3 は、それぞれに対応する a 側 (a_1 , a_2 , a_3) または b 側 (b_1 , b_2 , b_3) につなぐことができ、あるいは、いずれにもつながない状態をとることができる。以下に示すように、初期状態から操作1、操作2を順に行う。

初期状態： S_0 は閉じており、 S_1 , S_2 , S_3 は a, b 側のいずれにもつながれておらず、
いずれのコンデンサーにも電荷は蓄えられていない。

操作1： S_1 , S_2 , S_3 を a, b 側のいずれかに同時につなぐ。

操作2： 操作1を終えてからじゅうぶんに時間が経過した後、 S_1 , S_2 , S_3 のうち b 側につながっているスイッチをすべて b 側から同時にはずし、つづいて S_0 を開いた後、b 側からはずしたスイッチをすべて a 側に同時につなぐ。

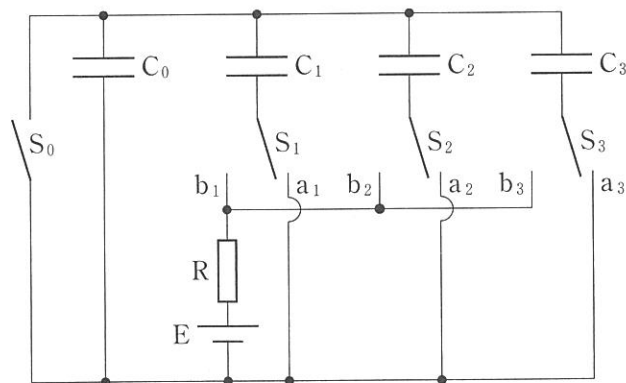


図1

操作1において、 S_1 , S_2 , S_3 のうちa側につないだスイッチを「0」、b側につないだスイッチを「1」と表すと、スイッチの組みあわせは表1に示すように状態(S_1 , S_2 , S_3)=(0, 0, 0)から状態(S_1 , S_2 , S_3)=(1, 1, 1)までの8通りとなる。例えば、操作1において S_1 , S_2 , S_3 をそれぞれ b_1 , a_2 , a_3 側につないだ場合(状態(S_1 , S_2 , S_3)=(1, 0, 0)), 回路図は図2のように表すことができる。このとき、スイッチ S_1 , S_2 , S_3 をつないだ直後の抵抗Rの両端の電圧は ア [V], コンデンサー C_0 , C_1 の両端の電位差 V_0 , V_1 はそれぞれ $V_0 =$ イ [V], $V_1 =$ ウ [V], 電池から流れ出る電流は エ [A]となる。また、スイッチ S_1 , S_2 , S_3 をつないでからじゅうぶんに時間が経過したとき、抵抗Rの両端の電圧は オ [V], コンデンサー C_0 , C_1 の両端の電位差 V_0 , V_1 はそれぞれ $V_0 =$ カ [V], $V_1 =$ キ [V], 電池から流れ出る電流は ク [A]となり、コンデンサー C_0 , C_1 に蓄えられている電気量 Q_0 , Q_1 はそれぞれ $Q_0 =$ ケ [C], $Q_1 =$ コ [C]となる。

表1

S_1	S_2	S_3
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

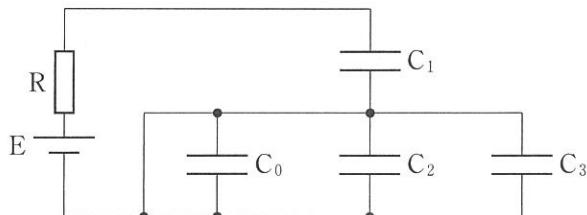


図2

つづいて、操作2を行った。例えば、操作1においてスイッチを状態 $(S_1, S_2, S_3) = (1, 0, 0)$ とし、次に操作2を行ったあとの回路図は図3のように表すことができる。このとき、 $\{ \text{サ} \}$ 接続されているコンデンサー C_0, C_2, C_3 の合成容量は シ [F]と求められる。また、図3の破線で囲まれた部分での電気量の和は、操作2におけるスイッチの操作前後で変化しない。

問1 操作1によりスイッチを状態 $(S_1, S_2, S_3) = (1, 0, 0)$ とした場合、操作2を終えてからじゅうぶんに時間が経過したときのコンデンサー C_0 について、両端の電位差 V_0 [V]、蓄えられている電気量 Q_0 [C] および蓄えられている静電エネルギー U_0 [J] を求めよ。

問2 操作1によりスイッチを状態 $(S_1, S_2, S_3) = (1, 0, 1)$ とした場合、操作1を終えた後の回路図を図2にならって作図せよ。また、操作2を終えた後の回路図を図3にならって作図せよ。さらに、操作2を終えてからじゅうぶんに時間が経過したときのコンデンサー C_0 の両端の電位差 V_0 [V] を求めよ。

問3 電池の起電力を 4.0 V とし、初期状態から操作1、操作2を順に行う。操作2を終えてからじゅうぶんに時間が経過したときのコンデンサー C_0 の両端の電位差 V_0 [V] の値を、表1に示す操作1によるスイッチの状態ごとに解答欄の表の空欄に有効数字2桁で記入せよ。

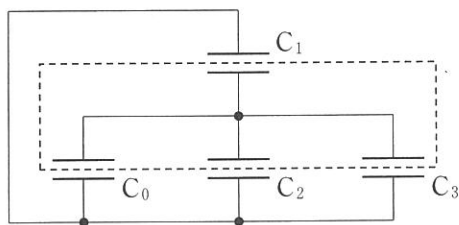


図3