

物 理 問 題

(この問題冊子は5ページ，2問である。)

受験についての注意

1. 試験監督者の指示があるまで，問題冊子を開いてはならない。
2. 試験開始前に，試験監督者から指示があったら，解答用紙1ページ目の左上に氏名と受験番号を記入し，所定のマーク欄をぬりつぶすこと。
3. 試験監督者から試験開始の指示があったら，この問題冊子が，上に記したページ数どおりそろっていることを確かめること。
4. 筆記具は，HかFかHBの黒鉛筆またはシャープペンシルに限る。万年筆・ボールペンなどを使用してはならない。時計に組み込まれたアラーム機能，計算機能，辞書機能を使用してはならない。また，スマートウォッチなどのウェアラブル端末を使用してはならない。
5. 解答は，結果のみを各解答欄にていねいに記入すること。導出過程は記さない。
6. 訂正する場合は，消しゴムでていねいに消したうえで，消しきずはきれいに取り除くこと。
7. 解答用紙を折り曲げたり，破ったりしてはならない。
8. 試験監督者の許可なく試験時間中に退場してはならない。
9. 解答用紙を持ち帰ってはならない。
10. 問題冊子，計算用紙は必ず持ち帰ること。
11. この問題冊子の余白を計算用紙として使用してよい。

1

図1のように、水平でなめらかな床の上に質量 $2m$ の物体 A が置かれ、物体 A の上の左端から長さ l の位置に質量 m の小さい物体 B が置かれている。物体 A と B はなめらかで軽い滑車を通して質量が無視できる伸びない糸で結ばれている。糸がたるんだ状態で物体 A の右端を一定の力 F で図の右向きに引き始めたところ、物体 A と B は一体となって右向きに動き始めた。重力加速度を g とする。

1. 物体 A の床に対する加速度の大きさを求めよ。

動き始めてから時間 t_1 後に物体 A を引くのをやめたところ、物体 A と B は右向きに動き続け、やがて図2のように糸が張った。

2. 糸が張る直前の物体 B の床に対する速さ v を求めよ。

糸が張った直後に物体 A を一定の力 F' で図の右向きに引き始めた。同時に、物体 B は A の上を糸が張ったまま床に対して左向きに速さ $\frac{v}{3}$ で動き始めた。物体 A と B の間の動摩擦力は無視できるものとする。

3. 糸が張ったことで物体 B が受けた力積の大きさを求めよ。
4. 物体 B が A の上を左向きに運動するときの床に対する加速度 a の大きさを求めよ。

やがて、物体 B が A の左端から飛び出した。

5. 物体 B が左向きに動き出してから物体 A の左端から飛び出すまでの時間を、 a, l, m, v のうち、必要なものを用いて表せ。
6. 物体 B が A の左端から飛び出す瞬間の物体 B の運動エネルギーを、 a, l, m, v のうち、必要なものを用いて表せ。

次に、物体 A と B の間に動摩擦力がはたらく場合を考える。以下、動摩擦係数を μ' とする。図1のように物体 A を一定の力 F で右向きに引き、図2のように糸が張った直後に物体 A を一定の力 F' で右向きに引き始めた。同時に、物体 B は A の上を糸が張ったまま床に対して左向きに速さ $\frac{v}{3}$ で動き始めた。

7. 物体 B が A の上を左向きに運動するときの床に対する加速度 a' の大きさを、 a, g, l, m, v, μ' のうち、必要なものを用いて表せ。
8. 物体 B が左向きに動き出してから物体 A の左端から飛び出すまでの時間を、 a', g, l, m, v, μ' のうち、必要なものを用いて表せ。
9. 物体 B が A の左端から飛び出す瞬間の物体 B の運動エネルギーを、 a', g, l, m, v, μ' のうち、必要なものを用いて表せ。
10. 物体 A と B の間の動摩擦力が無視できる場合と比べて、動摩擦力がはたらく場合に減少した運動エネルギーは、熱として物体 A と B にそれぞれ分配された。物体 A と B の単位質量あたりの熱容量は等しく、両者は常に熱平衡状態にあるとする。物体 A に加わった熱量を、 g, l, m, μ' のうち、必要なものを用いて表せ。なお、熱の移動は物体 A と B の間でのみ起こるとする。

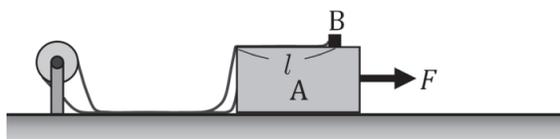


図 1

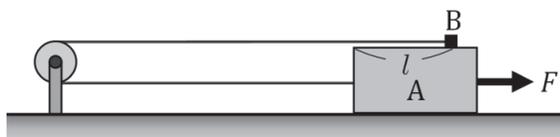


図 2

2

図1のように、抵抗値 R の抵抗にダイオード D を接続した。このダイオードは、 n に対する m の電位 V_D が正の場合には m と n の間に電流が流れて電位差が 0 となり、 V_D が負の場合には電流が流れない。図1の o に対する m の電位を V とする。

- 以下の文章の〔 〕に適切な用語を入れよ。
「 $V > 0$ の場合、ダイオードに電流が流れる。この電圧の加え方を〔 ① 〕方向という。 $V < 0$ の場合、ダイオードに電流が流れない。この電圧の加え方を〔 ② 〕方向という。このようにダイオードが一方向にのみ電流を流す作用を〔 ③ 〕作用という。」
- $V > 0$ の場合、電位 V_D 、ダイオードに流れる電流 I_D 、 o に対する n の電位 V_R を、 V, R のうち、必要なものを用いて表せ。
- 図2の破線に示すように電位 V を $-V_1 \leq V \leq V_1$ の範囲で時間 t とともに変化させた。 $0 \leq t \leq T$ における V_R の平均値を V_1 を用いて表せ。
3. のとき、抵抗で消費される電力 P の時間変化をグラフに実線で示せ。

次に、抵抗を電気容量 C のコンデンサーに置き換えて図3のようにダイオードと接続した。 o に対する m の電位 V を図2の破線のように時間変化させた。時刻 $t = 0$ のとき、コンデンサーは充電されていないものとする。

- 図3の o に対する n の電位 V_C の時間変化をグラフに実線で示せ。

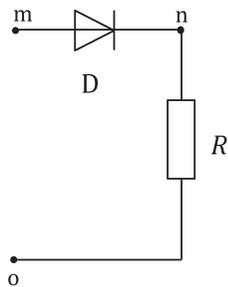


図1

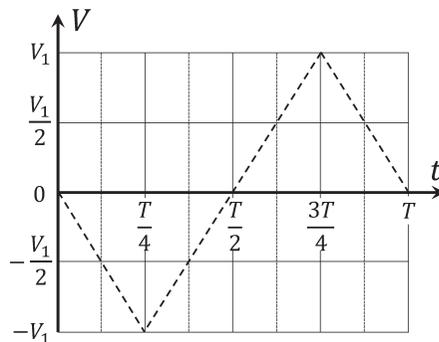


図2

6. ダイオードに流れる電流の最大値を C, T, V_1 を用いて表せ。ただし、コンデンサーに流れ込む電流 I_C 、時間 Δt の間にコンデンサーに流れ込む電気量 ΔQ と V_C の変化 ΔV_C の間には、以下の関係が成り立つものとする。

$$I_C = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = C \frac{\Delta V_C}{\Delta t}$$

ふたたび図1に戻る。ここでは図1のダイオード D が図4の特性を示す場合を考える。電位 V_D が V_0 ($V_0 > 0$) より大きいときのみ、ダイオードに電流 I_D が流れ、そのときの V_D と I_D の間には、 $V_D = aI_D + V_0$ の関係が成り立っている。ここで a は定数である。図1の o に対する m の電位を V とする。

7. V が $0 < V < V_0$ のとき、 V_R と I_D を、 V, V_0, R, a のうち、必要なものを用いて表せ。
8. V が $V > V_0$ のとき、 V_R と I_D を、 V, V_0, R, a のうち、必要なものを用いて表せ。
9. $V = 5 \text{ V}, V_0 = 4 \text{ V}, R = 100 \text{ } \Omega, a = 100 \text{ } \Omega$ のとき、抵抗およびダイオードで消費される電力の合計を求めよ。

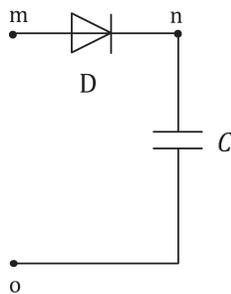


図 3

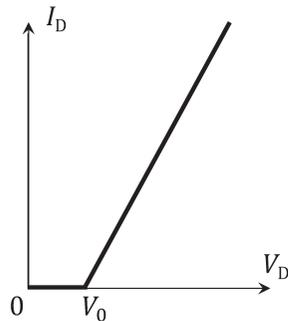


図 4

