

物 理

教育学部 200点

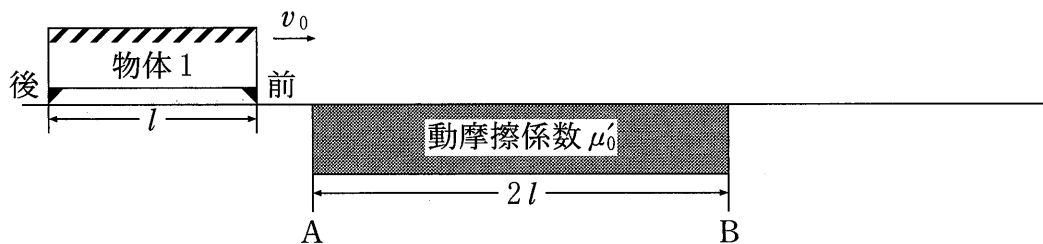
注 意 事 項

1. 問題は、**1** から **4** までの計 4 問です。
2. **1** から **4** までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は、(4の1)から(4の4)までの計 4 枚です。解答は、すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに、本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明およびページの落丁・乱丁等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後、問題冊子および計算用紙は持ち帰りなさい。

1

〔I〕 図1のように、前後の両端面の直下にエッジのついた長さ l [m]、質量 M [kg] の物体1が水平面上を速度 v_0 [m/s] で等速直線運動をしている。物体1は長さ $2l$ のAB区間に進入し、AB区間を通過後、速度 v_1 [m/s] の等速直線運動に変化した。AB区間におけるエッジと床面の動摩擦係数は μ_0 で、AB区間以外の床は十分なめらかであるとする。動摩擦係数は接触面積により変化しない。また、物体の高さやエッジの質量は無視でき、物体1の直方体の密度は均一である。重力加速度を g [m/s²] として、以下の問い(1)~(3)に答えよ。

AB区間進入前



AB区間通過後

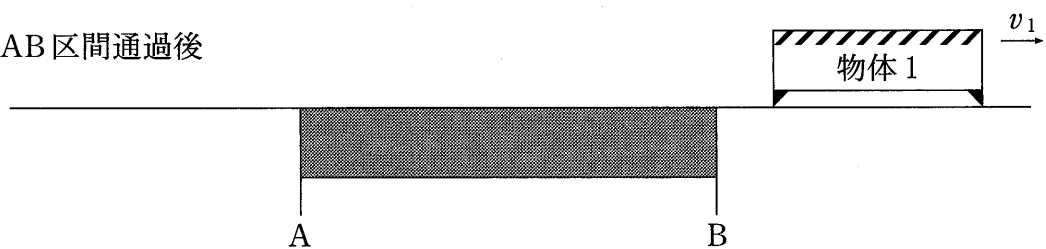


図1

- (1) 図1において、前方のエッジのみがAB区間にあるときに発生する動摩擦力を F_1 [N]、前方と後方のエッジがAB区間にあるときに発生する動摩擦力を F_2 [N] とする。 F_1 と F_2 をそれぞれ μ'_0 、 M 、 l 、 g から必要なものを用いて表せ。
- (2) 前方のエッジのみがAB区間にあるときの加速度 a_1 [m/s^2]、前方と後方の両方のエッジがAB区間にあるときの加速度 a_2 [m/s^2] をそれぞれ μ'_0 、 g を用いて表せ。ただし、速度 v_0 と同じ方向を正とする。
- (3) AB区間の動摩擦係数 μ'_0 を v_0 、 v_1 、 l 、 g を用いて表せ。なお、導出過程も示すこと。

〔Ⅱ〕 図2のように、質量 M の物体1の後方上部に長さ $\frac{1}{2}l$ で質量 m (kg) の物体2をのせて、物体1、2が一体となって水平面上を速度 v_0 で等速直線運動をしている。このとき、物体2と物体1の後面は一致している。この物体1、2がAB区間に進入するとき、以下の問に答えよ。なお、物体1と物体2の間の静止摩擦係数を μ_1 、動摩擦係数を μ'_1 とする。質量 m は質量 M よりも小さく、物体1と同様に物体2の直方体の高さも無視でき、密度も均一である。以下の問い(4)、(5)に答えよ。

AB区間進入前

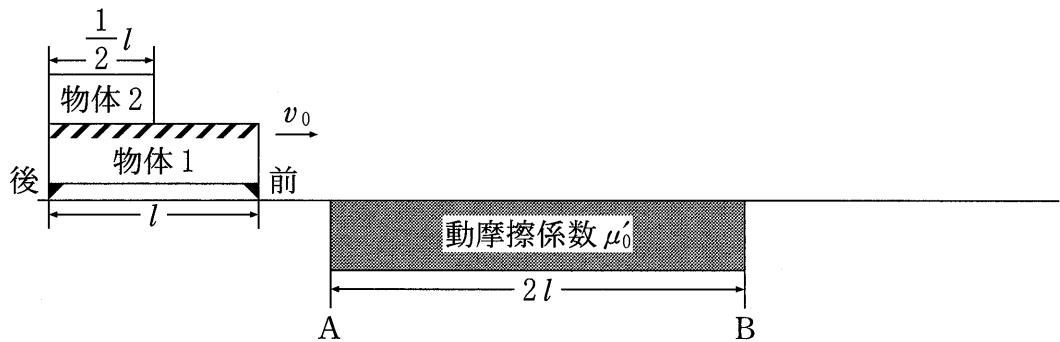


図2

(4) 図2のAB区間進入前において、物体1と物体2をまとめてひとつの物体とみなすとき、その重心位置は物体1の後面から距離 x_G (m) となる。 x_G を求めよ。

(5) 図2のAB区間進入前において、前方のエッジが床から受ける垂直抗力 N_1 (N) と後方のエッジが床から受ける垂直抗力 N_2 (N) をそれぞれ求めよ。なお、導出過程も示すこと。

物体1の後方のエッジがA点を通過したときに物体2は物体1上をすべり始めた。以下の問い(6)、(7)に答えよ。

(6) このとき物体 1 と物体 2 の間の静止摩擦係数 μ_1 は

$$\boxed{\text{①}} < \mu_1 \leq \boxed{\text{②}}$$

の範囲にあると考えられる。①と②を m, M, l, μ'_0 から必要なものを用いて表せ。なお、①の値は 0 よりも大きいものとする。

(7) 物体 1 の前方と後方のエッジがいずれも AB 区間内にあるとき、床からみたときの物体 1 と物体 2 の加速度をそれぞれ m, M, g, μ'_0, μ'_1 から必要なものを用いて表せ。なお、速度 v_0 と同じ方向を正とし、物体 1 の前方エッジが AB 区間を通過するまでは、物体 2 は物体 1 から落ちないものとする。

2

次の文章を読み、以下の問い(1)~(6)に答えよ。

[I] 熱容量の無視できる容器に温度 10°C の水 100 g と温度 -10°C の氷 $M[\text{g}]$ を入れると氷の一部が融けて熱平衡の状態となった。このときの水の質量は 107 g だった。ここで、水の比熱を $4.2\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、氷の比熱を $2.1\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、氷の融解熱を $3.3 \times 10^2\text{ J/g}$ とする。また、外部との熱の出入りはなく、熱は水と氷の間だけで移動したこととする。解答には導出過程も示し、数値は有効数字 2 桁^{けた}で答えよ。

- (1) 10°C の水 100 g が失った熱量を求めよ。
- (2) -10°C の氷 $M[\text{g}]$ が熱平衡の状態になるまでに得た熱量を求めよ。
- (3) -10°C の氷の質量 $M[\text{g}]$ を求めよ。

〔Ⅱ〕 図3は、なめらかに動くピストンの付いた円筒容器に閉じ込めた単原子分子からなる理想気体1 molの状態変化を示している。ピストンの質量は無視できることとする。気体は、はじめ状態Aにあり、温度 T_A 〔K〕、体積 V_A 〔m³〕であった。その後、状態が状態A→状態B→状態C→状態Aの順にゆるやかに変化した。ここで、A、B、Cは図に示した各点における絶対温度 T 〔K〕と体積 V 〔m³〕の状態をそれぞれ表す。気体定数は R 〔J/(mol・K)〕とし、定積モル比熱 C_v 〔J/(mol・K)〕と定圧モル比熱 C_p 〔J/(mol・K)〕はそれぞれ $\frac{3}{2}R$ と $\frac{5}{2}R$ とする。

(4) A→Bの過程で気体が吸収した熱量 Q_{AB} 〔J〕と外部からされた仕事 W_{AB} 〔J〕を、数値と R 、 V_A 、 T_A のうち必要なものを用いて表せ。

(5) B→Cの過程で気体が吸収した熱量を Q_{BC} 〔J〕とする。気体が外部からされた仕事 W_{BC} 〔J〕を、数値と R 、 V_A 、 T_A 、 Q_{BC} のうち必要なものを用いて表せ。

(6) C→Aの過程で気体が吸収した熱量 Q_{CA} 〔J〕と外部からされた仕事 W_{CA} 〔J〕を、数値と R 、 V_A 、 T_A のうち必要なものを用いて表せ。

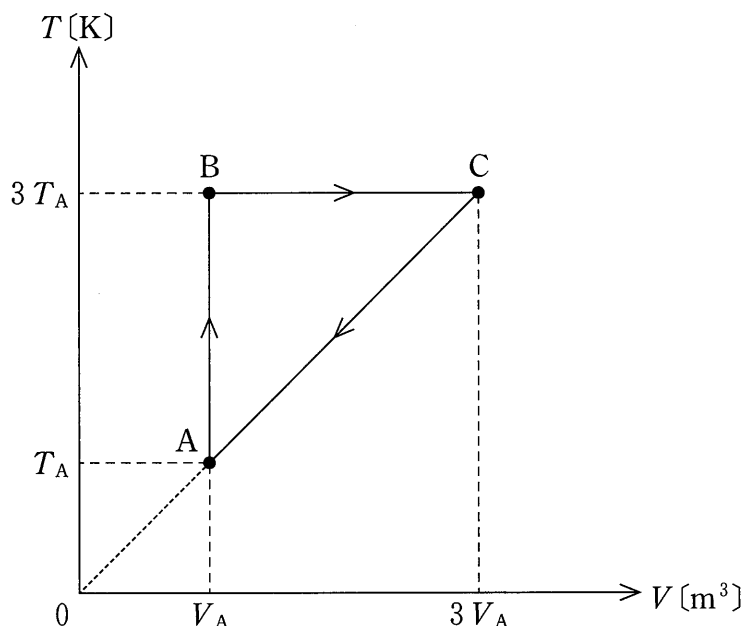


図3

3

次の文章を読み、以下の問い(1)~(9)に答えよ。

図4のように、空気中に一様な厚さ d の薄膜が静止している。薄膜に、波長 λ の単色光が入射角 θ_i で入射した。薄膜の上面の点 B で反射する光線①と、薄膜の上面の点 A_2 において屈折角 θ_r で屈折し、薄膜の下面の点 C で反射する光線②が点 B で重なるものとし、これらの光線の干渉を考える。ただし、これらの光線は図中の点 A_1 , A_2 において同位相であった。また、 $0 \leq \theta_i < \frac{\pi}{2}$ 、空気の屈折率は 1、薄膜の屈折率は $n (> 1)$ とする。

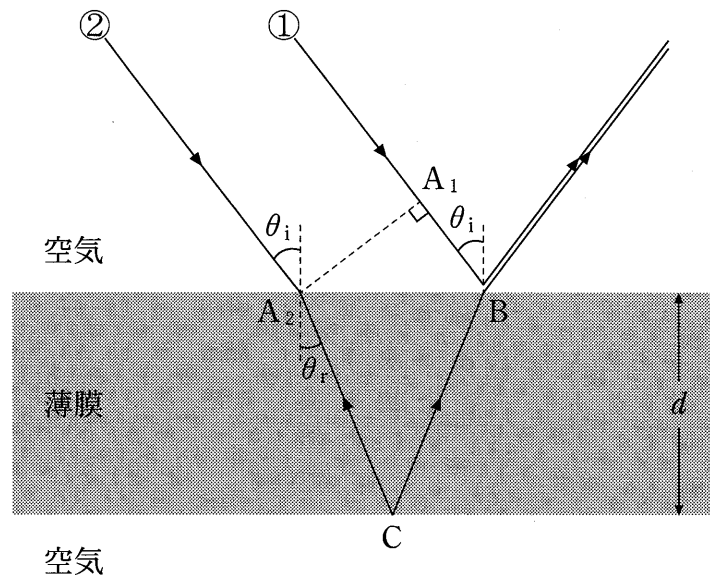


図4

[I]

- (1) 光線②の点 A_2 での屈折の様子を示した解答用紙の模式図に、空気側の波面に対応する薄膜側の波面を記入せよ。
- (2) 薄膜中と空気中の経路長さが同じ場合、薄膜中の光路長は空気中の光路長の何倍になるか答えよ。
- (3) $\sin \theta_r$ を θ_i と n を用いて表せ。

(4) 光線①の位相は，点 B での反射によってどれだけ変化するか，下記の選択肢から選べ。また，光線②の位相は，点 C での反射によってどれだけ変化するか，下記の選択肢から選べ。

- (a) 位相は変化しない (b) 位相は π 変化する

(5) 光線①と光線②の点 B での光路差を， n ， d ， θ_r を用いて表せ。

(6) 光線①と光線②が強め合う条件を，整数 m ($m = 0, 1, 2, \dots$) を使って示すと下記のようなことを導出せよ。

$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2\theta_i} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

〔II〕

(7) 次に，単色光の入射角が $\theta_i = 0$ のときを考える。光線①と光線②が強め合う最小の薄膜の厚さ d_0 を求めよ。

(8) 単色光の入射角が $\theta_i = 0$ のとき，光線①と光線②は強めあった。入射角を少しずつ大きくしていったところ，一度弱めあった後，入射角がある角度 θ のときに再び強めあった。このときの薄膜の厚さ d_1 を， n ， λ ， θ を用いて表せ。ただし，導出過程も記せ。

〔III〕

(9) 次に，白色光が入射角 $\theta_i = 0$ で入射した場合を考える。薄膜の厚さが $d = 0.1\ \mu\text{m}$ ，屈折率が $n = 1.5$ のとき，薄膜は何色に見えるか求めよ。ただし，白色光の可視光波長範囲は $0.4\sim 0.76\ \mu\text{m}$ とし，図 5 の色とする。

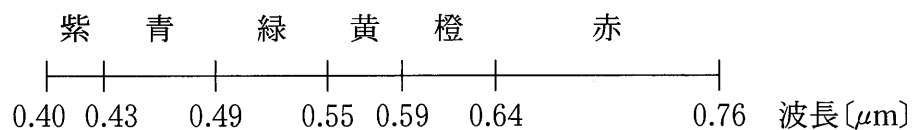


図 5

4

〔1〕 図6の XX' から YY' の幅 l [m]の領域は磁束密度 B [T]の紙面表から裏に向かう(\otimes)均一な磁界である。2辺の長さが a [m], b [m]である長方形の1巻きの閉回路 $ABCD$ が速度 v [m/s]で XX' の境界より磁界内に進入する。ただし、 $ABCD$ と XX' , YY' は同じ平面上にあり、辺 AB , DC は XX' , YY' と平行、 v とは直角を保つ。閉回路 $ABCD$ の導線の太さは無視できるものとし、抵抗は R [Ω]とする。 AB が XX' を通過する時刻を $t = 0$ sとする。また、 $a, b < l$ であり、 XX' , YY' は l よりも十分に長いものとする。

次の問いに答えよ。

- (1) $ABCD$ が XX' を通過しているときの誘導起電力 V [V]を求めよ。ただし、 $A-B-C-D$ の順に電流を流す向きを正とする。
- (2) $ABCD$ が磁界の領域を通過し終える(AB が XX' から進入し、 CD が YY' を通過し終える)間に速度 v を一定に保つ外力 F [N]を求め、図6の v の向きを正としてグラフを描け。
- (3) $ABCD$ が磁界を通過する間に F のする仕事の総量 W [J]を求めよ。
- (4) (3)の間に閉回路 $ABCD$ に流れる電流 i [A]の大きさの最大値を求めよ。次に、発生したジュール熱 Q [J]を閉回路に流れる電流から求めて W と比較せよ。

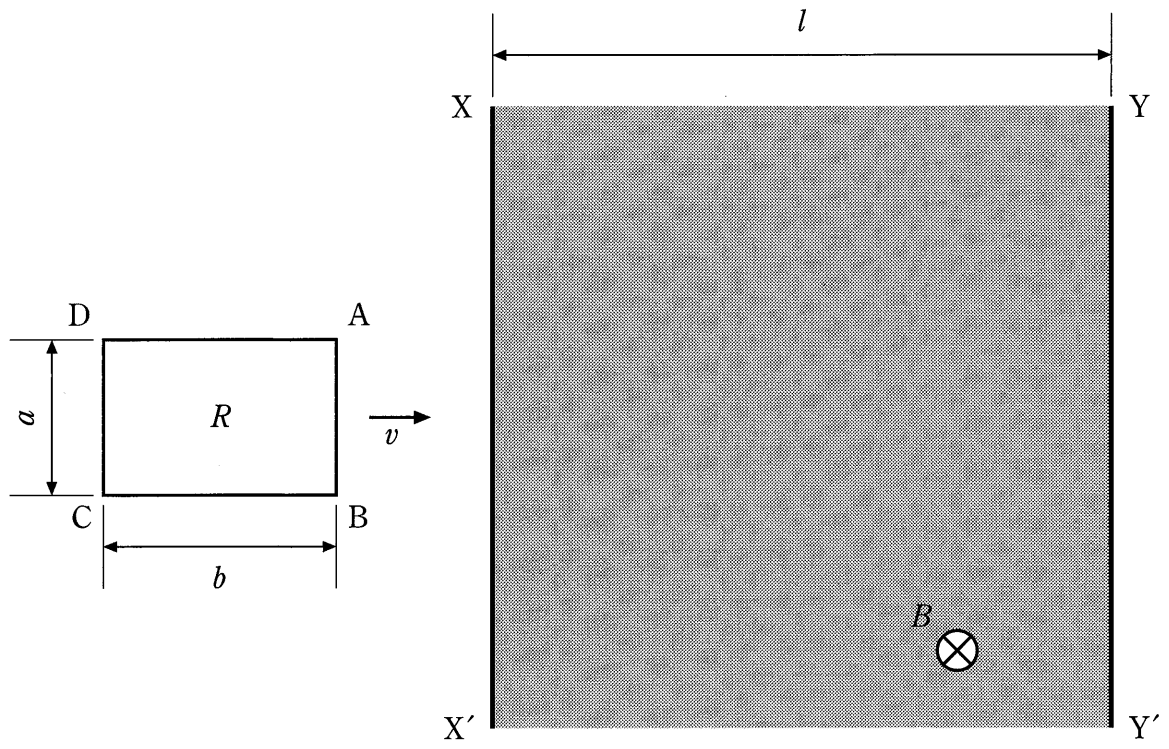


图 6

〔Ⅱ〕 次の文章の空欄 , を適切な語句で埋め、
 ~ は、(a)または(b)を選択せよ。

図7-1のように、質量と厚さが無視できるアルミニウムの円板の中心Oに回転軸を取り付けて、円板が自由に回転できるようにしてある。円板を磁石のN-S極で挟むように設置しており、磁石と円板は接触していない。磁石を円板の円周方向に沿って回転させたところ円板も回転を始めた。磁石による磁場は円板に垂直に図7-1の上から下(NからS)に通過する。

磁石を図7-2のように、上から見たときに反時計回転させると により 電流が生じる。これにより、磁石が近づく側(図7-2の磁石右側)の円板面には上から見て {(a)右回り, (b)左回り}の 電流が生じて円板に対して {(a)上向き, (b)下向き}の磁束が生じる。このため磁石との間には {(a)引力, (b)斥力}が働く。

一方で、磁石が遠ざかる側(図7-2の磁石左側)の円板面にも 電流が生じる。ここでは円板に対して {(a)上向き, (b)下向き}の磁束を生じ、磁石との間には {(a)引力, (b)斥力}が働く。

これにより、円板は磁石と {(a)同じ, (b)反対}方向に回転することになる。

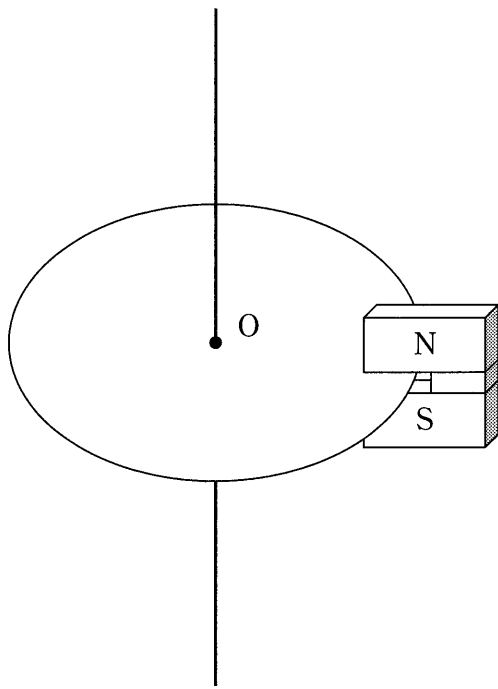


图 7-1

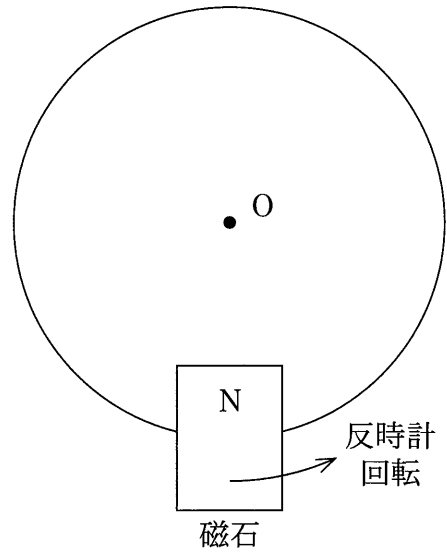


图 7-2