

平成 19 年度前期日程入学試験学力検査問題

理 科

平成 19 年 2 月 25 日 13 : 30 ~ 16 : 00 (150 分)

物 理…… 4 ~ 19 ページ, 化 学…… 20 ~ 31 ページ

生 物…… 32 ~ 47 ページ, 地 学…… 48 ~ 57 ページ

志 望 学 部	試 験 科 目
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 答案紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 57 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 答案紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の答案紙の指定された箇所に記入すること。
6. 答案紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子を持ち帰ること。

物 理

- 1 図1のように、水平な床の上に上面が傾斜した質量 $2m$ の台を置く。この台の上面は角度 30° で傾斜しており、台の左右の端面は鉛直である。また、台の左端の高さを h とする。この台の上に質量 m の小球を置き、その運動を考える。重力加速度の大きさを g とし、小球の大きさ、小球と台の間の摩擦、空気抵抗は無視する。台と床面との間の動摩擦係数は μ' であり、小球と床面との衝突におけるはねかえり係数を e とする。小球および台の運動は、紙面内に限られるものとする。以下の問いに答えよ。解答は答案紙の所定の場所に記入せよ。なお、結果だけでなく、考え方や計算の過程も記せ。

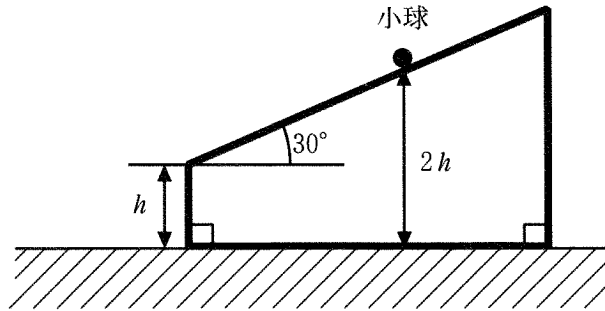


図 1

- (1) 最初に台を床に固定した場合を考える。図1のように、床からの高さ $2h$ の台上の点に初速 0 で小球を置いたところ、小球は台の上を滑っていき、床面に衝突した。
- (a) 台の左端での小球の速さ v_1 を、 h 、 m 、 g の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) 床面に衝突する直前を考える。このとき、小球の水平方向の運動量 p_h を、 h 、 m 、 g の中から必要なものを用いて表せ。ただし、運動量は図の右方向を正とする。
- (c) 小球は床面に衝突した後、 h_1 の高さまではね返った。 h_1 を、 e 、 h 、 m 、 g の中から必要なものを用いて表せ。

(2) 台に外部から水平右向きの力を加え、台を右向きに速度 $V_2 (V_2 > 0)$ で等速度運動させた。台の速度を維持しながら、床からの高さ $2h$ の台上の点に、台との相対速度 0 の初速で小球を置いたところ、小球は台の上を滑っていき、床面に衝突した。

(a) 小球が台上を滑っていくあいだ、小球にはたらいっている垂直抗力の大きさ N_2 を、 V_2, h, m, g, μ' の中から必要なものを用いて表せ。また、そのあいだ、台を速度 V_2 で等速度運動させ続けるのに必要な、外部から台に加えている水平右向きの力 F_2 を、 V_2, h, m, g, μ' の中から必要なものを用いて表せ。

(b) 小球は床面に衝突した後、 h_2 の高さまではね返った。 h_2 と問(1)(c)の h_1 との比 $\frac{h_2}{h_1}$ を求めよ。

(3) 台に外部から水平右向きの力を加え、台を右向きに加速度 $a_3 (a_3 > 0)$ で等加速度運動させた。このとき、台の速度も右向きであった。台の加速度を維持しながら、台との相対速度 0 の初速で小球を台上に置いた。

(a) 小球を台に置いた後、小球が台の上面に接しながら滑っていくためには、加速度 a_3 はある条件式を満たす必要がある。この条件式を、 a_3 および g を用いて表せ。

(b) 小球が台上を滑っていくあいだ、台を加速度 a_3 で等加速度運動させ続けるのに必要な、外部から台に加えている水平右向きの力 F_3 を、 a_3, h, m, g, μ' の中から必要なものを用いて表せ。ただし、問(3)(a)の条件は満たされているものとする。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

2 オームの法則が成り立たない部品にダイオードや豆電球がある。ダイオードを流れる電流は、電圧とともに急激に増大する。一方、豆電球では、電圧の上昇とともに流れる電流の増え方がにぶる。いずれも加える電圧によって抵抗値(電圧と流れる電流の比)が変化するので、非オーム性抵抗とも呼ばれる。これらの部品を含む図1の回路を考えよう。ダイオード、特性の等しい2つの豆電球、および抵抗値 R の抵抗が、起電力 V_0 で内部抵抗が無視できる直流電源と接続されている。直流電源の負電極側は接地してあり、電位は 0V である。

いま、ダイオード、豆電球、および抵抗の電流—電圧の関係が、それぞれ図2の曲線 a、曲線 b、直線 c で表される場合について考えよう。非オーム性抵抗を含む回路でも、グラフを用いることによって、電流と電圧の関係を求めることができる。

以下の問いに答えよ。解答は、答案紙の所定の場所に記入せよ。数値は単位とともに記せ。また、結果だけでなく、考え方や計算の過程も記せ。

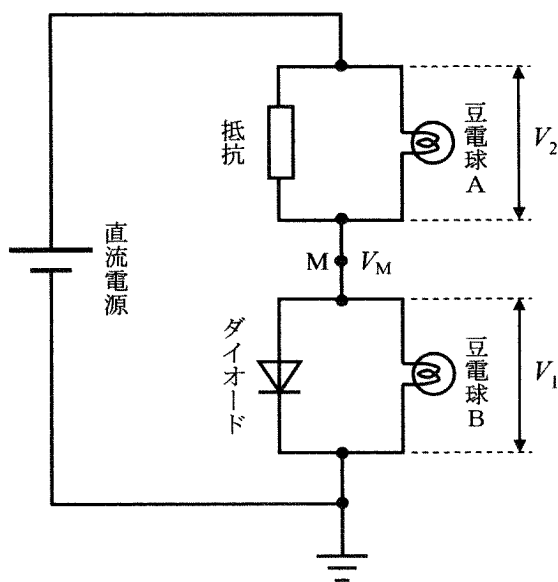


図1

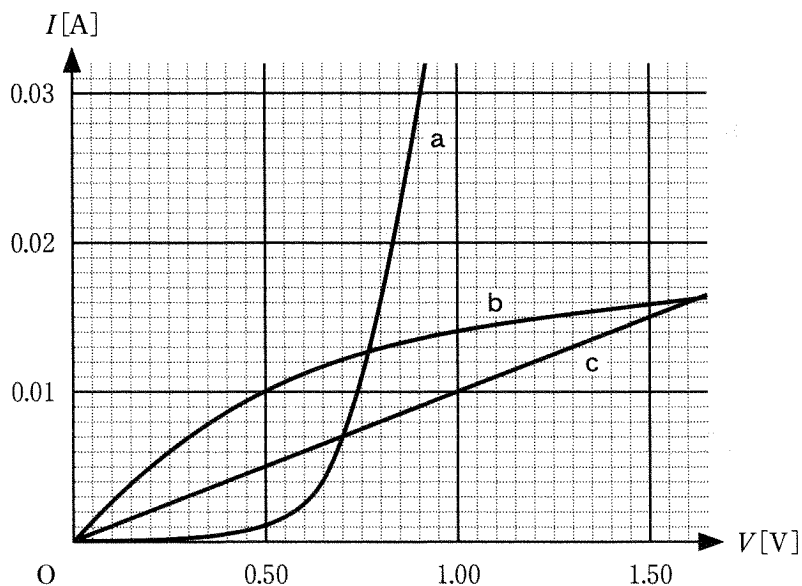


図 2

(I) ダイオードと豆電球 B の並列回路に着目し、以下の問いに答えよ。

(a) 直流電源の負極は接地されているから、点 M の電位 V_M は、ダイオードと豆電球 B の両端にかかる電圧に等しい。電位 V_M が $V_M = V_1$ のとき、ダイオードおよび豆電球 B の抵抗値をそれぞれ R_D , R_B として、点 M に流れる電流 I_1 を、 V_1 , R_D , R_B を用いて表せ。

(b) 点 M の電位 V_M が 0.50 V のとき、および 0.80 V のとき、点 M に流れる電流 I_1 と電位 V_M を表す点を答案紙のグラフ 1 に●(黒丸印)で記せ。また、 $V_M = 0.80$ V のときの電流 I_1 の値を、有効数字 2 桁^{けた}で記せ。

(c) ダイオードと豆電球 B の両端にかかる電圧を 0 V から上昇させた場合について、点 M に流れる電流 I_1 と点 M の電位 V_M との関係を、 $0 \leq V_M \leq 0.8$ V の範囲内で答案紙のグラフ 1 に実線で描け。

- (2) 次に、抵抗と豆電球 A の並列回路に着目し、以下の問いに答えよ。
- (a) 抵抗の抵抗値 R を図 2 より読み取り、有効数字 2 桁で答えよ。
- (b) 抵抗と豆電球 A の両端の電圧が V_2 のとき、豆電球 A の抵抗値を R_A として、点 M に流れる電流 I_2 を、 V_2 、 R 、 R_A を用いて表し、 I_2 と V_2 の関係を、答案紙のグラフ 2 に実線で描け。
- (c) 起電力 V_0 が 1.50 V のとき、問(2)(b)で求めた電流 I_2 と電位 V_M の関係を、答案紙のグラフ 1 に破線で描け。
- (3) 回路全体の動作について考える。起電力 V_0 が 1.50 V のとき、点 M に流れる電流と電位 V_M は、問(1)(c)と問(2)(c)で求めた関係をともに満たす。点 M の電流と電位 V_M を表す点を答案紙のグラフ 1 に十印で記し、 V_M の値を有効数字 1 桁で答えよ。
- (4) 直流電源の起電力 V_0 を変化させると、豆電球 A と B の明るさは異なった変化をする。 V_0 に対する豆電球の明るさの変化について、以下の問いに答えよ。ただし、豆電球の明るさは、電圧とともに増加するものとする。
- (a) $V_0 = 1.0$ V のとき、豆電球 A と豆電球 B はどちらが明るい、理由とともに述べよ。
- (b) V_0 を 1.5 V よりもさらに上昇させると、豆電球 A と豆電球 B の明るさの増え方にはどのような違いがあるか、2 行程度で述べよ。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

——このページは白紙——

3 図1のように、長さ L_0 、断面積 S のシリンダーが大気(圧力 p_0 、絶対温度 T_0) の中に鉛直に置かれている。下端の断面はふさがっており、上端の断面は開いている。シリンダーには、熱を通さない質量 m のピストンをはめることができる。ピストンの上部には、質量の無視できるひもがついている。シリンダーの側面は熱を通さない断熱材でおおわれている。底面は熱を伝えるが、断熱材でおおうこともできる。シリンダー内の底面付近には、体積と熱容量の無視できるヒーターが入っている。気体定数を R 、重力加速度の大きさを g とする。ピストンとシリンダーの熱容量は無視でき、両者の間に摩擦がないものとする。空気を理想気体とみなして、以下の問いに答えよ。解答は、答案紙の所定の場所に記入せよ。なお、結果だけでなく、考え方や計算の過程も記せ。

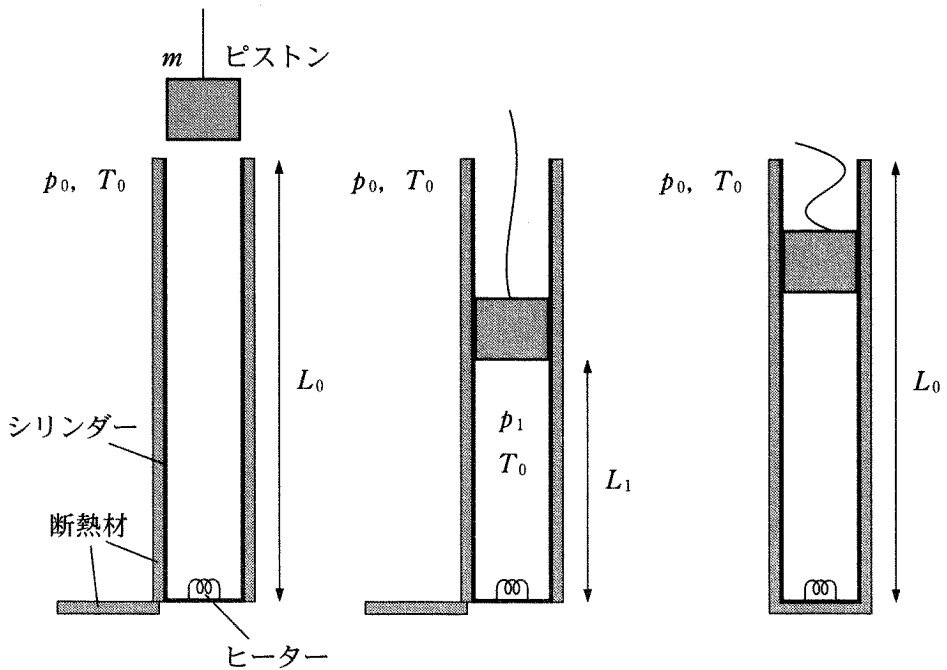


図 1

図 2

図 3

- (1) シリンダーの底の断熱材をはずした状態で、ピストンをシリンダー上端にそっとはめ、ひもでつりながらゆっくり降ろしていったところ、図2のように、ピストンはある位置まで下降して静止し、ひもがゆるんだ。このとき、シリンダー内の温度は T_0 であった。

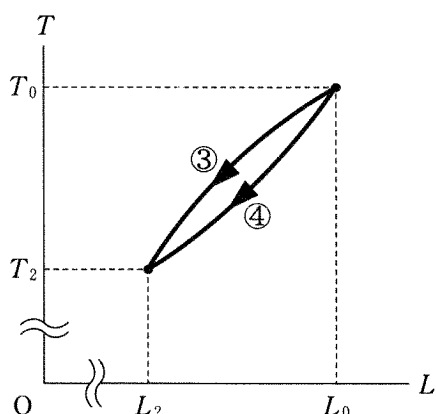
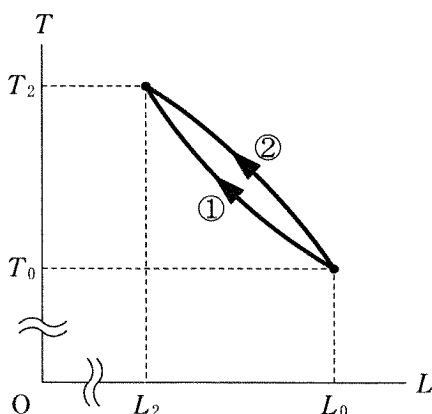
- (a) ピストンが静止したときのシリンダー内の空気の圧力 p_1 を, m, g, L_0, S, p_0 の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) ピストンが静止するまでの間にシリンダー内の空気と大気との間で熱の移動はあるかないか, また, あるとしたらどちら向きに移動しているか, 理由とともに述べよ。
- (c) ピストンが静止した位置は, シリンダーの底から高さ L_1 であった。 L_1 を, m, g, L_0, S, p_0 の中から必要なものを用いて表せ。
- (2) 問(1)でピストンが静止したのち, ひもを放し, 底を断熱材でおおい, ヒーターに電流を流してシリンダー内の空気に熱量 Q をゆっくりと与えた。すると, 図3のようにピストンはゆっくり上昇し, ちょうど問(1)の最初の高さ(シリンダーの底からの高さ L_0)に達したところでシリンダーから外れずに静止した。なお, 空気の温度はつねにシリンダー内で均一であった。
- (a) シリンダー内の気体がピストンと大気に対してした仕事 W を, m, g, L_0, S, p_0, Q, R の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) 空気の定積モル比熱 C_v を, m, g, L_0, S, p_0, Q, R の中から必要なものを用いて表せ。
- (c) 問(2)(b)の結果を使うと, 空気の温度を測らずに, 空気の定積モル比熱を測定できる。たとえば, $m = 1.0 \text{ kg}$, $L_0 = 0.35 \text{ m}$, $S = 1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ の条件で, 抵抗 $1.0 \text{ k}\Omega$ のヒーターに電圧 5.0 V をかけて電流を流したところ, 時間 490 s でピストンが最初の高さ L_0 に上がって静止した。このとき, 空気の定積モル比熱を $C_v = aR$ と表したときの a を, 有効数字2桁^{けた}で求めよ。なお, 必要があれば, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, $p_0 = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の数値を用いてよい。

(3) 今度は、はじめからシリンダーの底を断熱材でおおった状態で、問(1)と同様に質量 m のピストンを上端にそっとはめ、ひもでつりながらゆっくり降ろしていったところ、ピストンはある位置まで下降して静止し、ひもがゆるんだ。

(a) ピストンが静止したときの、シリンダーの底からの高さを L_2 とする。 L_2 と問(1)(C)の L_1 との大小関係を理由とともに答えよ。

(b) ピストンが下降する過程での仕事を考えよう。ピストンの高さが L のときのシリンダー内の空気の絶対温度を T 、圧力を p とする。 L がわずかに変化して $L + \Delta L$ ($\Delta L < 0$) になったとき、温度は T から $T + \Delta T$ になった。このあいだに、圧力も p からわずかに変化するが、シリンダー内の空気がした仕事は、 $pS\Delta L$ と近似することができる。仕事 $pS\Delta L$ を、 ΔT 、 n 、 C_v の中から必要なものを用いて表せ。ただし、 n はシリンダー内の空気のモル数、 C_v は空気の定積モル比熱である。

(c) 問(3)(b)の結果を用いて、 L の変化に対する T の変化率 $\frac{\Delta T}{\Delta L}$ を、 L 、 T 、 C_v 、 および R を用いて表せ。さらに、この $\frac{\Delta T}{\Delta L}$ が L とともにどう変わるかを考えることによって、 L と T の関係として適切なものを、以下の①～④の中から1つ選び記号で答えよ。また、選んだ理由を述べよ。図中の T_2 は、 $L = L_2$ のときの絶対温度である。



——このページは白紙——

——このページは白紙——

——このページは白紙——