

大阪医科大学

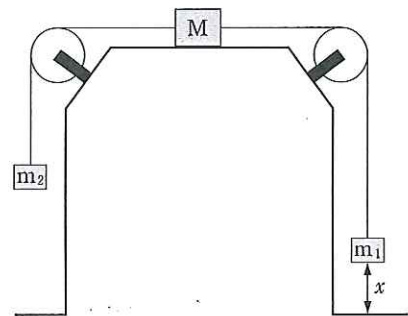
平成 25 年度 入学 試験 問題 (後期)

理 科

注 意

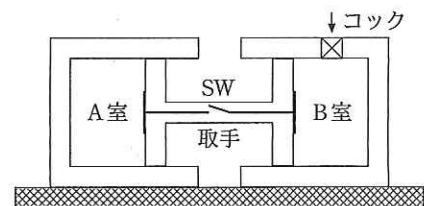
1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理, 化学, 生物のうちから 2 科目を選択し, 別紙解答用紙に受験番号, 氏名を記入すること。
(ただし受験票, 入学願書に記入した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理, 化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号, 氏名を記入し, 全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合, 及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合, その答案は無効とする。
6. 問題冊子は 1 冊, 別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
7. 受験票は机に出しておくこと。

I 図のように、質量 M [kg] の物体 M をなめらかで水平なテーブルの上で手で止めておき、これに2本の糸を結び、それぞれの他端に質量 m_1 [kg]、 m_2 [kg] ($m_1 > m_2$) のおもり m_1 、 m_2 をつけ、テーブル両端の定滑車にかけて鉛直下方にたらしした。その後、手を離すと物体が動き始めた。そのときの m_1 、 m_2 、 M の加速度を a [m/s^2] (向きは図において m_1 は下向き、 m_2 は上向き、 M は右向きを正) とし、 m_1 と M を結ぶ糸の張力を T_1 [N]、 m_2 と M を結ぶ糸の張力を T_2 [N] とする。 m_1 が静止していた位置から x [m] だけ下降して床と完全非弾性衝突をして静止した。糸や定滑車は十分軽く質量は無視できるとし、重力加速度を g [m/s^2] とし、以下の問に答えよ。



- (1) m_1 についての運動方程式を a 、 m_1 、 m_2 、 M 、 T_1 、 T_2 、 g のうち必要な記号を用いて表せ。
- (2) m_2 についての運動方程式を a 、 m_1 、 m_2 、 M 、 T_1 、 T_2 、 g のうち必要な記号を用いて表せ。
- (3) M についての運動方程式を a 、 m_1 、 m_2 、 M 、 T_1 、 T_2 、 g のうち必要な記号を用いて表せ。
- (4) T_1 、 T_2 を M 、 m_1 、 m_2 、 g のうち必要な記号を用いて表せ。
- (5) m_1 が静止の位置から床に達するまでの時間 t_1 [s] を x 、 M 、 m_1 、 m_2 、 g のうち必要な記号を用いて表せ。
- (6) m_1 が床に衝突する直前の速度 v_1 [m/s] はいくらか。 x 、 M 、 m_1 、 m_2 、 g のうち必要な記号を用いて表せ。
- (7) m_2 はその後も上昇を続けて静止にいたるまでに、さらに y [m] だけ上昇した。 $\frac{y}{x}$ の値を M 、 m_1 、 m_2 、 g のうち必要な記号を用いて表せ。また、このとき m_2 と M を結ぶ糸に働く張力を M 、 m_2 、 g で表せ。

II 図のように、水平な台の上に、2つの同形シリンダーを向かい合わせて固定し、それぞれのシリンダーに2つの同形ピストンを挿入し、それらを取手で連結した。シリンダーとピストンで囲われた左側と右側の室を、それぞれA室、B室と呼ぶ。ピストンとシリンダー間に摩擦はなく、2つのピストンはなめらかに動く。シリンダー、ピストン、取手は、熱を通さない材質でできているが、取手の内部には金属線が通っており、スイッチ SW を閉じることによって、A室とB室間に限り熱がゆっくりと伝導する(金属線の熱容量は無視する)。また、B室には外部と空気を出し入れするためのコックが取り付けられている。以下の文中の()に V_0 、 ΔV 、 γ のうち適切なものを使った式、または数値を記入せよ。ただし、A室内の気体及び空気は理想気体として扱い、気体定数は R [$\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$] を用いよ。



- (1) 大気圧 P_0 [Pa]、室温 T_0 [K] の部屋で、スイッチ SW と B室のコックを開いてから、A室を 1 mol の単原子分子気体で満たしたところ、A室の体積と温度は、それぞれ V_0 [m^3]、 T_A [K] で平衡状態になった。大気圧 P_0 は、(①) $\times RT_A$ [Pa] と表せる。取手を右側にゆっくりと移動させてから停止させたとき、A室の体積と温度の微小変化量をそれぞれ ΔV [m^3]、 ΔT [K] とすると、移動後のA室の圧力は、(②) $\times R(T_A + \Delta T)$ [Pa] である。単原子分子気体の断熱変化では、 PV^γ が一定であるから、 R を用いずに移動後のA室の圧力を表すと、(③) $\times P_0$ [Pa] となる。これらの関係から、 $\Delta T =$ (④) $\times T_A$ と表せる。 $|x| \ll 1$ のとき、近似式 $(1+x)^a \approx 1+ax$ が成り立つことと、単原子分子気体の場合 $\gamma = \frac{5}{3}$ であることを利用して式を簡単にすると、 $\Delta T = -$ (⑤) $\times T_A$ となる。よって、A室の気体は、外部に (⑥) $\times RT_A$ [J] の仕事をしたことになる。
- (2) この状態でコックを閉めたところ、B室の体積は $V_0 - \Delta V$ 、B室内の空気は 1 mol であった。このときのB室の温度は、室温 T_0 と等しく、(⑦) $\times T_A$ [K] である。ピストンをゆっくりと左に移動させ、2室の体積がそれぞれ V_0 となるところで停止させた。空気の場合 $\gamma = \frac{7}{5}$ とすると、このときのB室の温度は、 $\left(1 - \left(\text{⑧} \right) \times \frac{\Delta V}{V_0}\right) T_A$ [K] である。
ここで、スイッチ SW を閉じたところ、ゆっくりとA室からB室へ熱が移動し、やがて2室の温度は等しくなった。空気の定積モル比熱を $\frac{5}{2}R$ とみなすと、このときの2室の温度は (⑨) $\times T_A$ [K]、この過程でA室からB室へ移動した熱量は、(⑩) $\times RT_A$ [J] である。

III 図のように、 30.0Ω の抵抗、自己インダクタンス L (H)のコイル、電気容量 C (μ F)のコンデンサー、交流電流計を直列に接続し、周波数 50.0 Hz の交流電源とつないだとき、交流電流計の読みが 200 mA (実効値)であった。このとき、抵抗、コイル、コンデンサーそれぞれの電圧波形を測定すると、抵抗の両端の電圧波形は $V_R = V_0 \sin \omega t$ であった。コイルの両端の電圧の振幅は $2V_0$ 、位相は V_R に対して $\frac{1}{4}$ 周期進んだ波形であった。また、コンデンサーの両端の電圧の振幅は $\frac{2}{3}V_0$ 、位相は V_R に対して $\frac{1}{4}$ 周期遅れた波形であった。コイルや導線の抵抗は無視できるものとして、以下の()を埋めよ。有効数字は3桁とし、 π は3.14として計算せよ。 $\sqrt{2}$ はそのまま用いても構わない。

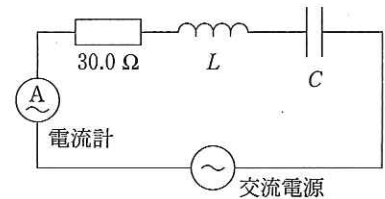
(1) 抵抗にかかる電圧の最大値 V_0 は(①)[V]で、角周波数 ω は(②)[rad/s]である。

(2) コイルの両端にかかる電圧 V_L を ω と t (s)で表すと(③)[V]であり、コンデンサーの両端にかかる電圧 V_C は(④)[V]である。

(3) コイルのインダクタンス L は(⑤)[H]、コンデンサーの電気容量 C は(⑥)[μ F]である。

(4) この回路全体の電圧は $V_R + V_L + V_C$ なので、 $a \sin x + b \cos x = \sqrt{a^2 + b^2} \sin(x + \alpha)$ (ただし $\tan \alpha = \frac{b}{a}$)を用いると、回路全体の電圧の最大値は(⑦)[V]である。従って、回路全体の抵抗に相当するインピーダンスは(⑧)[Ω]である。

(5) この回路全体で1分間に消費されるエネルギーは(⑨)[J]である。



IV 以下の問に答えよ。

(1) 単振動をする質点が振動の中心から l_1 (m)の距離にあるときの速さを v (m/s)、 l_2 (m)の距離にあるときの加速度の大きさを a (m/s^2)とすると、振幅 A (m)と周期 T (s)はいくらになるか。 l_1 、 l_2 、 v 、 a のうち必要な記号を用いて表せ。

(2) 発電所から遠く離れたある地区に1組の送電線で電気が送られている。その地区内の20軒の家が同時に電気を使用すると、送電線で2.0%の電力損失が起こる。200軒が同時に電気を使用すると、電力損失は何%になるか。一軒当たりの使用電力は、すべて同じとする。

(3) 一樣な太さの針金ACを、 $AB = BC$ かつ $\angle ABC$ が直角となるようにL字型に曲げてA点からぶら下げると、ABは鉛直線から角度 θ (rad)傾いて静止した。 $\tan \theta$ を求めよ。

(4) 真空(屈折率1)から屈折率 n ($n > 1$)の媒質に光が図のように入射した。図には、光線が媒質に入射した点Oを中心にして、半径1と半径 n の円が描かれている。屈折光の光路を図示せよ。なお、そのために用いた補助線とその様子(交点、直角など)も明示せよ。

