

# 平成 21 年度 入 学 試 験 問 題

## 理 科

	ページ
物 理	1～ 8
化 学	9～25
生 物	26～39
地 学	40～52

化学については、問題 **1** から問題 **5** までは必ず解答し、問題 **6** と問題 **7** については、どちらか一方を選択して解答すること。

地学については、問題 **1** と **2** を必ず解答し、問題 **3** ～ **5** の 3 問のうちから 2 問を選択して解答すること。

### 注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び答案用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子は開かないこと。
2. 解答は、必ず答案用紙の指定されたところに記入すること。
3. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
4. 答案用紙は持ち出さないこと。

## 物 理

1 図1に示すように、質量  $m_A$  の物体 A があらい面をもつ台の上におかれて、台の右端にひもでつながれている。台は左端の O 点を中心にして反時計回りにゆっくりと持ち上げられていく。ひもは伸縮せず、その質量は無視できるものとし、重力加速度の大きさを  $g$ 、物体 A と台の面の静止摩擦係数を  $\mu$ 、動摩擦係数を  $\mu'$  として、以下の問いに答えよ。

問 1 図2に示すように台が傾角  $\theta_1$  まで持ち上げられたとき、はじめてひもに張力が働いた。物体 A に作用する全ての力を矢印で解答欄の図中に示せ。

問 2 次に、図3に示すように右端を滑車とし、質量  $m_B$  の物体 B を吊り下げたところ、物体 A は静止したままだった。このとき、ひもの張力の大きさ  $T$ 、物体に作用する垂直抗力の大きさ  $N$ 、摩擦力の大きさ  $R$  を  $m_A$ 、 $m_B$ 、 $g$ 、 $\mu$ 、 $\mu'$ 、 $\theta_1$  のうち、必要なものを用いて表せ。

問 3 台が傾角  $\theta_1$  のとき、物体 A が静止したままであるための物体 B の最大質量と最小質量を  $m_A$ 、 $m_B$ 、 $g$ 、 $\mu$ 、 $\mu'$ 、 $\theta_1$  のうち、必要なものを用いて表せ。

問 4 図4に示すように、台が傾角  $\theta_2$  まで持ち上げられたとき、物体 A は静かに滑り出した。このとき、物体 A と物体 B の加速度の大きさを  $a$ 、張力の大きさを  $T'$  として物体 A と物体 B の運動方程式を  $a$ 、 $T'$ 、 $m_A$ 、 $m_B$ 、 $g$ 、 $\mu$ 、 $\mu'$ 、 $\theta_2$  のうち、必要なものを用いて表せ。ただし、物体 A が下る方向及び物体 B が上昇する方向を正とする。また、 $\tan \theta_2 = 4/3$ 、 $m_A = 1.5 m_B$ 、 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 、 $\mu' = 1/9$  のとき、物体 A が 4.9 m だけ滑るのに要した時間を求めよ。なお、物体 A と物体 B は O 点や滑車にぶつからないものとする。答えは有効数字 2 けたで示せ。

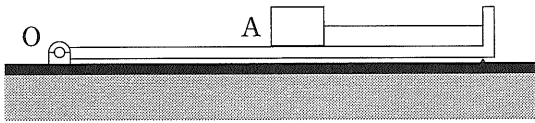


图 1

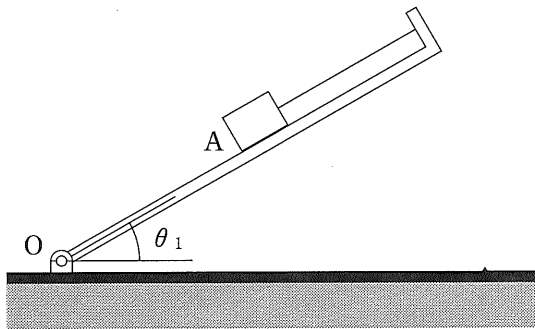


图 2

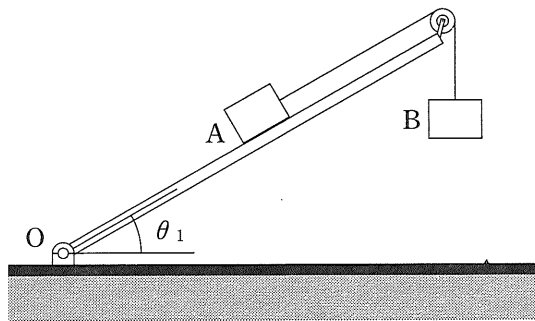


图 3

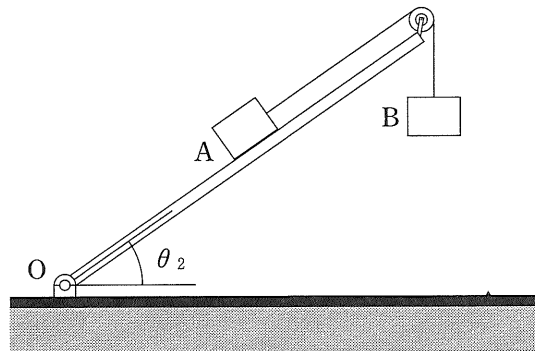
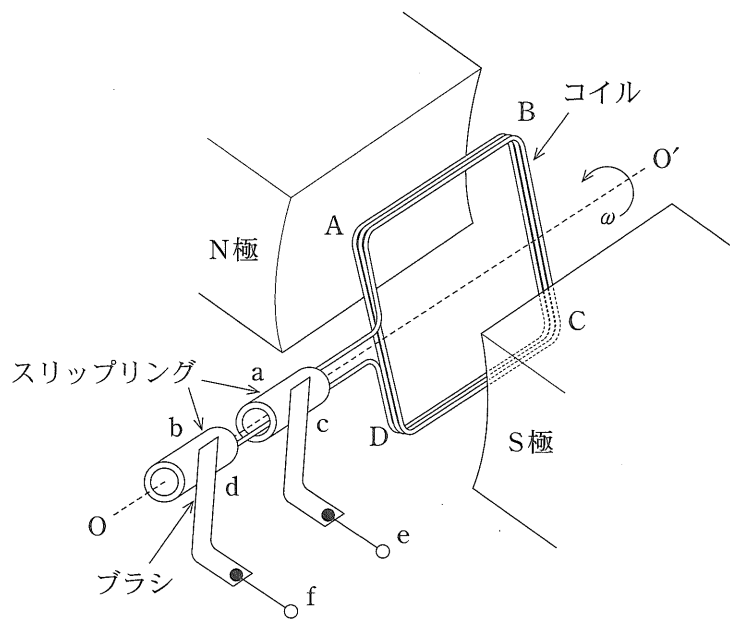


图 4

- 2 図のような磁束密度  $B$  [Wb/m<sup>2</sup>] の一様な磁界中をコイル ABCD が磁界に垂直な中心軸  $OO'$  の回りに一定の角速度  $\omega$  [rad/s] で回転している装置がある。このコイルは  $n$  回巻きで各辺の長さは  $AB = CD = l_1$  [m],  $BC = DA = l_2$  [m] である。コイルが矢印の向きに回転し、その両端はそれぞれスリップリング  $a, b$  につながり、これとブラシ  $c, d$  で接触した端子  $e, f$  間に電圧が得られるようになっている。コイルの面 ABCD が磁界に直交し、辺  $AB$  が  $OO'$  の真上にあるときの時刻を  $t = 0$  とし、またそのときコイルを貫いている磁束を正として、以下の問いに答えよ。



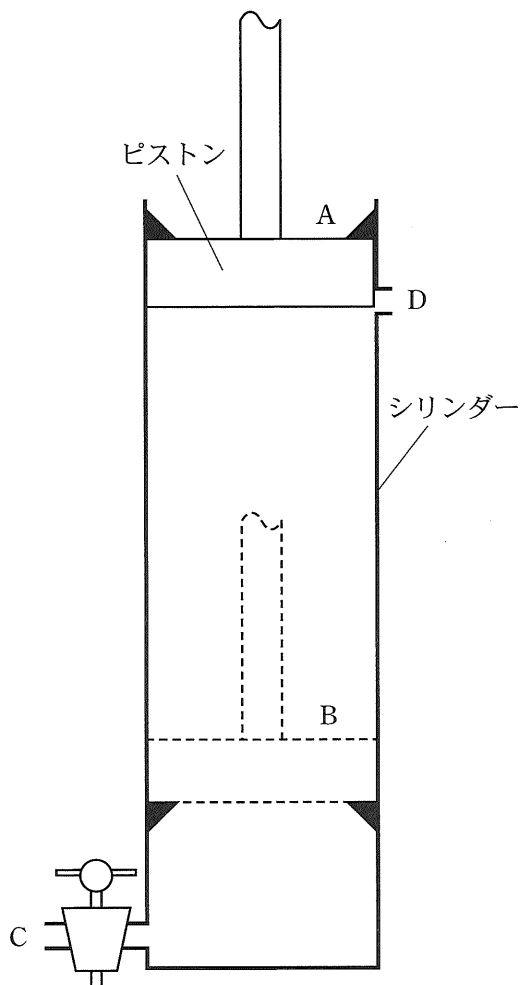
- (ア) 次の  に適当な語句を入れよ。  
 この装置は  ① の原理を示すもので端子 e, f 間に得られる電圧は  ② 電圧である。
- (イ) コイルの辺 AB が OO' の真上を過ぎて図に示す位置にきている瞬間に、コイル内に生じている誘導起電力の電位は A と B ではどちらが高いか。
- (ウ) 時刻  $t$  における面 ABCD を貫く磁束  $\Phi$  [Wb] を  $B, l_1, l_2, t, \omega$  を用いて表せ。
- (エ) 端子 e, f 間の誘導起電力  $V$  [V] を  $B, l_1, l_2, n, t, \omega$  を用いて表せ。
- (オ) この誘導起電力の周波数  $f$  [Hz] を  $\omega$  を用いて表せ。
- (カ) 端子 e と f の間に抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] をつないで電流を流す場合、流れる電流  $I$  [A] を  $R, B, l_1, l_2, n, t, \omega$  を用いて表せ。
- (キ) 抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] を流れる電流  $I$  [A] と時刻  $t = 0$  から  $t = 2\pi/\omega$  [s] までの時間との関係をグラフに描け。
- (ク) 抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] で消費される電力 (1 周期の平均値)  $P$  [W] を  $R, B, l_1, l_2, n, \omega$  を用いて表せ。
- (ケ) 抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] を流れる電流の実効値  $I_e$  [A] を  $R, B, l_1, l_2, n, \omega$  を用いて表せ。ただし、コイルの内部抵抗の大きさは抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] に比して無視できるものとする。
- (コ) 実効値の意味について 100 字以内で述べよ。
- (サ) 中心軸 OO' に風車を取り付け、風に向けて置いた。風車に連結したコイルが毎分  $N$  回転のときの最大電圧を  $V_m$  [V], 最大電流を  $I_m$  [A] とする。この場合の誘導起電力の周波数  $f_0$  [Hz], 及び 1 秒間に発生するエネルギー  $W$  [J] はそれぞれいくらか。

3

図のようなピストンがついたシリンダーを考える。ピストンを最上(図中の A)の位置から最下(図中の B)の位置まで押し込むことによりシリンダー下部にある気体の出口(図中の C)から気体を排出することができる。ピストンが A の位置のとき、周囲の気体がシリンダー内に流入し、ピストンが少しでも下がれば D からの気体の流入は止まる。ピストンが A の位置のときシリンダー内の気体の体積は  $4V[\text{m}^3]$  であり、ピストンが B の位置ではシリンダー内の気体の体積は  $V[\text{m}^3]$  である。ピストンの質量は無視することができ、ピストンとシリンダーの間には摩擦はなく、また気体の漏れはないとする。周囲の気体の圧力と温度をそれぞれ  $P_0[\text{Pa}]$ 、 $T_0[\text{K}]$  として、以下の問いに答えよ。ただし、気体は理想気体とする。

- (1) 図中の C の栓を開いた状態で、ピストンを A の位置から B の位置までゆっくり押し込んだとき、シリンダー内の気体の圧力は一定であった。このときピストンを押すのに要した仕事  $W_1[\text{J}]$  を求めよ。
- (2) 図中の C の栓を閉じた状態で、ピストンを A の位置から B の位置までゆっくり押し込んだとき、シリンダー内の気体の温度は一定であった。このときピストンを押すのに要した仕事を  $W_2[\text{J}]$  とする。
  - (a) シリンダー内の気体の内部エネルギーの変化を求めよ。
  - (b) 周囲の気体との間で、シリンダー内の気体が吸収または放出した熱量を求めよ。なお、吸収の場合を正、放出の場合を負とする。
  - (c) ピストンを押し込んでいる間のシリンダー内の気体の圧力と体積の変化を表すグラフを描き、ピストンを押すのに要した仕事  $W_2[\text{J}]$  を表す部分を線で囲み、斜線をつけて示せ。
- (3) 図中の C の栓を閉じた状態で、ピストンを A の位置から B の位置まで素早く押し込んだ。このとき、シリンダー内の気体と周囲の気体との熱の出入りはなかった。ピストンを押すのに要した仕事を  $W_3[\text{J}]$  とする。
  - (a) シリンダー内の気体の内部エネルギーの変化を求めよ。
  - (b) 押し込み後のシリンダー内の気体の温度  $T_1[\text{K}]$  と  $T_0[\text{K}]$  とではどちらが高いか。不等号で答えよ。また、その理由を説明せよ。

- (4)  $W_2$ [J]と $W_3$ [J]のどちらが大きいか。不等号で答えよ。また、シリンダー内の気体の圧力と体積の関係を表すグラフを描いて、その理由を説明せよ。



4 図1のように、水深が深いA領域と浅いB領域とからなる水槽において、平面波(水面波)がA領域の左上方から斜めにB領域へ伝わる時、波の進む向きが屈折する様子が観察された。図1中の実線は平面波の波面を表しており、波面が境界面となす角度は $45^\circ$ から $30^\circ$ に変わっていた。A領域での平面波の速さ $V_A$ は $1.5\text{ m/s}$ 、波長 $L_A$ は $1.4\text{ m}$ であった。

また、B領域内で、波の進む方向の鉛直面内における平面波の波形(変位)は、波の進む方向に $x$ 軸、鉛直上方に $y$ 軸をとると、図2中の実線で表される振幅 $a$ の正弦波であった。P、Qは平面波の山であり、実線のようにPが $x=0$ にあるときの時刻を $t=0$ とすると、時刻 $t=T/10$  [s] ( $T$ は平面波の周期)における平面波の波形は図2中の破線のようになり、平面波の山P、QはそれぞれP'、Q'へ進んだ。

以下の問いに答えよ。ただし、 $\sqrt{2}=1.41$ 、 $\sqrt{3}=1.73$ とし、円周率は $\pi$ とする。また、(あ)~(え)の答えは有効数字2けたで示せ。

- (あ) 平面波の周期  $T$  [s] を求めよ。
- (い) B領域での平面波の波長  $L_B$  [m] を求めよ。
- (う) A領域に対するB領域の屈折率  $n$  を求めよ。
- (え) 図2中のPP'間の距離 [m] を求めよ。
- (お)  $x$ 軸の正の方向に伝わる平面波の波形(変位)の式、すなわち原点Oからの距離  $x$  の位置の時刻  $t$  における変位  $y$  を表す式を  $a$ 、 $L_B$ 、 $T$ 、 $x$ 、 $t$  を用いて示せ。
- (か) 水深がしだいに浅くなる海岸では、沖合から海岸線に対して斜めに進んできた波はどのように打ち寄せるか。その理由とともに100字以内で述べよ。

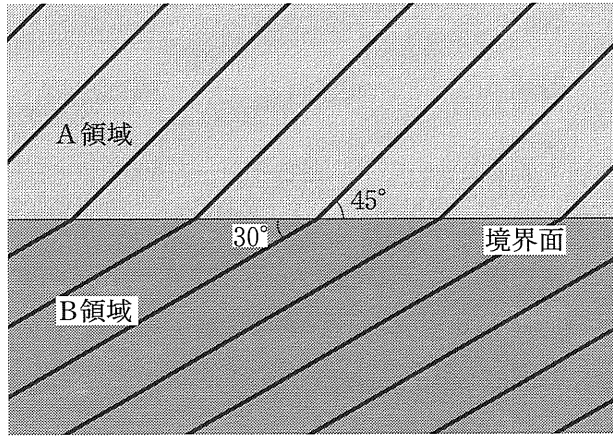


図 1

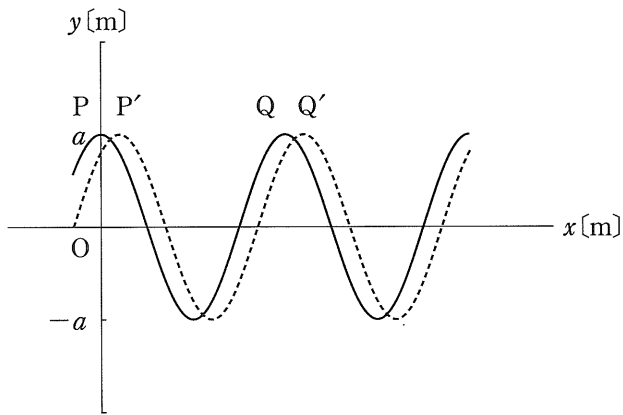


図 2