

平成24年度

問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	物 理	10

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合は、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と選択した選択問題の番号、志望学部及び受験番号のほかは、いっさい記入しないこと。
4. 問題〔Ⅳ〕，〔Ⅴ〕は選択問題である。どちらか一方のみを解答すること。両方を解答してはいけない。選択問題〔Ⅳ〕，〔Ⅴ〕のうち、選択した問題の番号を解答用紙3ページ目の所定の枠内に記入すること。

注意事項

1. 試験開始の合図の後、解答用紙1ページ目，3ページ目に志望学部及び受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は、願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 問題の内容についての質問には、いっさい応じないが、その他の用事があるときは、だまって手をあげて、監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には、解答用紙を机上の右側に置くこと。
6. 試験終了後、問題冊子および下書き用紙は持ち帰ること。

訂 正

理科(物理)

問題冊子 8 ページ [IV] 設問 3

- (誤) シリンダーを温めて、温度をゆっくりと T_1 [K] に上げた (過程 1)。シリンダー、ピストン、ポリ袋の変化の様子を図示しなさい。
- (正) シリンダーを温めて、内部の温度をゆっくりと T_1 [K] に上げた (過程 1)。ばね、ピストン、ポリ袋の変化の様子を図示しなさい。

補足説明

理科(物理)

問題冊子 6 ページ [III]

- (1 行目の後に追加) ただし、おもりと導体棒 PQ をつないでいるひもはたるまないものとする。

解答の書き方についての補足説明

1つの解答欄に複数の解答を記入する場合があるので、注意して解答しなさい。

[I]

図1のように、水平な床の上に置かれた台 A 上の点 O に物体 B が置かれている。はじめ両者は静止している。台 A の質量は物体 B の質量の 3 倍である。床と台 A の間の摩擦は無視できるほど小さく、台 A と物体 B の間の摩擦は図中の RS 間以外では無視できるほど小さいが、RS 間では台 A と物体 B の間に摩擦力がはたらく。台 A は、図中の点 P から点 Q にかけてなめらかなスロープを持っていて、その他の部分は水平である。

今、太郎君が非常に短い時間だけ台 A を図の右向きに強い力で急に押して、台 A に初速 V_A を与えて手を離れた。このとき、重力加速度を g 、RS 間での台 A と物体 B の間の動摩擦係数を μ 、物体 B の質量を m として以下の問いに答えなさい。

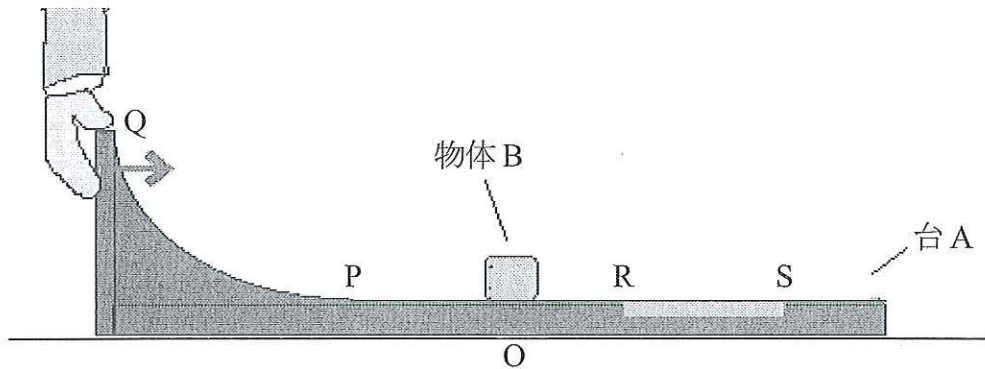


図 1

- (1) 台 A が太郎君の手を離れてから、物体 B が台 A 上の点 P に達するまでの間の、台 A、物体 B それぞれの床から見た速度を、右向きを正として答えなさい。
- (2) その後、物体 B は PQ 面上を上がっていき、その途中で最高点に達し、ふたたび点 P に降りてきた。この間、台 A と床との間の摩擦は無視できるほど小さいので、この 2 物体は外部からの力積を受けていない。物体 B が最高点に達したときの台 A、物体 B の床から見た速度を右向きを正として答えなさい。
- (3) 物体 B が到達した最高点の PR 面から見た高さを答えなさい。
- (4) 物体 B が台 A 上の点 P にもどってきたときの台 A、物体 B それぞれの床から見た速度を、右向きを正として答えなさい。
- (5) 点 P を通過した物体 B は、その後点 R を通過した。物体 B が RS 面上を運動しているときの、台 A、物体 B それぞれの床から見た加速度を、右向きを正として答えなさい。

- (6) RS 間で、物体 B が台 A に対して止まった。物体 B が点 R を通過してから止まるまでにかかる時間はいくらか。
- (7) RS 間で、物体 B が台 A に対して止まるためには、RS の長さはいくら以上でなければならないか。
- (8) 台 A が太郎君の手から離れてから、物体 B が台 A に対して静止するまでに、台 A と物体 B の力学的エネルギーの和はいくら失われたか。

〔Ⅱ〕 レンズが作る像について以下の問いに答えなさい。位置に関する問いにはすべて x 座標値 (x 軸の単位は cm とする) で答えなさい。

長さ 5 cm の物体と焦点距離が 30 cm の凸レンズ、焦点距離が 20 cm の凹レンズを用意した。レンズの中心を $x=0$ とする。

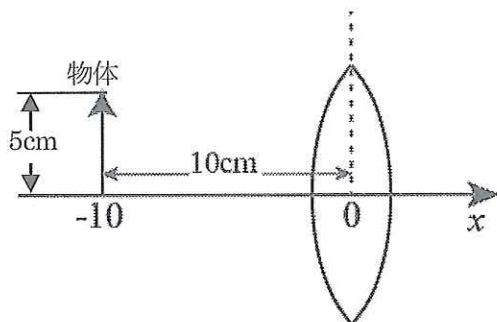


図2

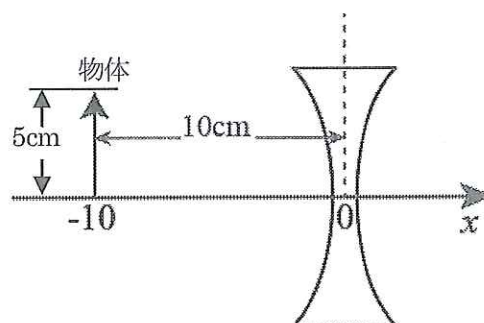


図3

- (1) 図2に示すように、 $x = -10 \text{ cm}$ の位置に、長さ 5 cm の物体を置いた。凸レンズによってできる像の位置と、像の長さを答えなさい。
- (2) 図3に示すように、物体の位置はそのまま、凸レンズを凹レンズにかえた。像のできる位置と、像の長さを答えなさい。小数点以下2桁目を四捨五入して答えなさい。
- (3) 用意した凹レンズを用いて、(1)においてできた像と同じ位置・同じ長さの像を得るためには、長さがいくらの物体を、どの位置に置けばよいかを答えなさい。

次に、図4に示すように焦点距離 (f_1 と f_2) がそれぞれ 6 cm と 2 cm の凸レンズを 2 枚置いた。焦点距離が 6 cm のレンズの中心を $x=0$ とする。

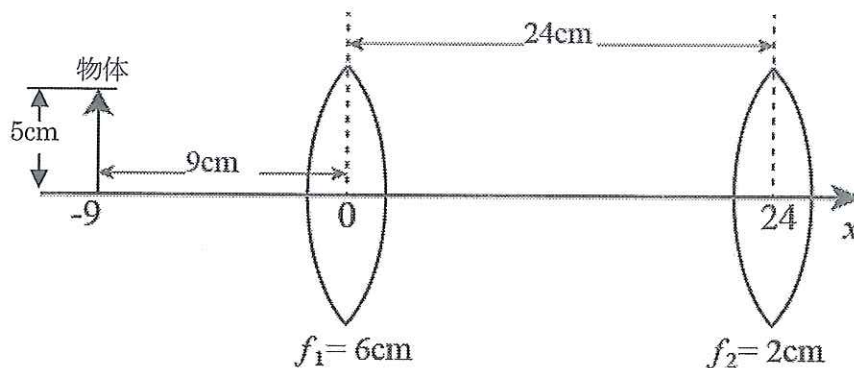


図4

- (4) $x=-9$ cm の位置にある長さ 5 cm の物体の像について、 $x>24$ cm にできる像の位置と、像の長さを答えなさい。

次に、図5に示すように長さ 5 cm の物体と焦点距離 (f_1) が 5 cm の凸レンズを置く。凸レンズの中心を $x=0$ とする。

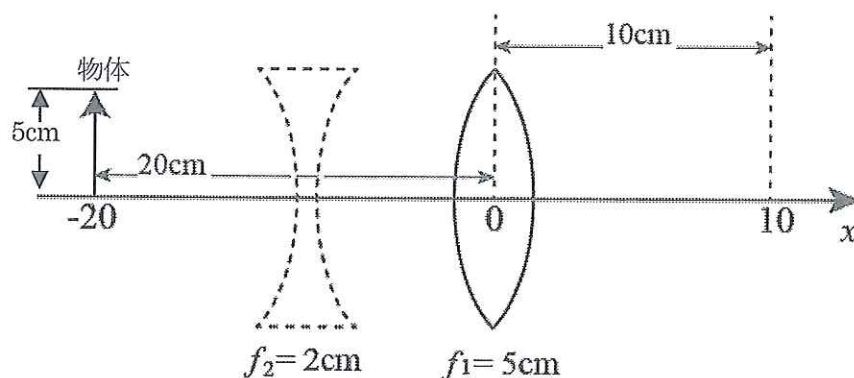


図5

- (5) 凸レンズによる像が $x=10$ cm にできるようにするためには、焦点距離 (f_2) が 2 cm の凹レンズの中心を、物体と凸レンズの間どの位置に置けばよいかを答えなさい。 $\sqrt{5}=2.2$ として計算をしなさい。ただし、凹レンズにより虚像ができる。

〔Ⅲ〕 図6のように、鉛直上向きで磁束密度 B の一様な磁場中に、間隔 l で水平かつ平行におかれた2本の導体レール（以下レール）がある。このレールの左端の点 O と点 S との間は長さ l で抵抗値 R の抵抗で接続されている。このレールの上を、長さ l 、質量 M の導体棒 PQ が磁場と垂直方向に運動するとする。導体棒 PQ のレール上での位置を、 O を原点とし、点 O と点 P の間の距離 x であらわすとす。導体棒 PQ およびレールの電気抵抗は無視できるものとする。また導体棒

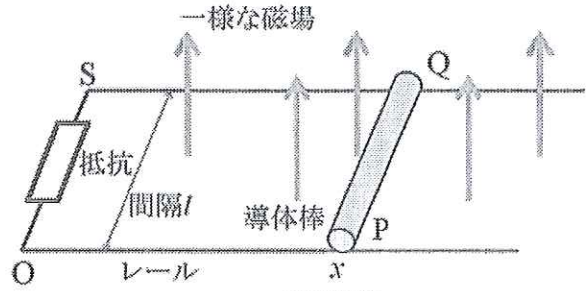


図6

PQ がレール上を運動する際の摩擦は無視できるものとする。以下の問いに答えなさい。

- (1) 導体棒 PQ が速さ v で右方向に運動しているとする。このとき回路 $OPQS$ に誘導される起電力の大きさを答えなさい。
- (2) (1)のとき、誘導される電流の大きさと向きを答えなさい。
- (3) 導体棒 PQ の時刻と位置の関係が図7の

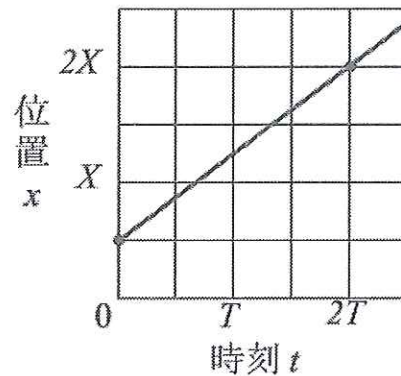


図7

ようになったとする。このとき回路に誘導される起電力と電流の大きさはいくらか答えなさい。

図8のように、滑らかに動く滑車を通して質量 m のおもりを導体棒 PQ にひもでつないで手で支えておくとする。時刻0において支えていた手をはなした。ひもの質量は無視でき、また導体棒 PQ

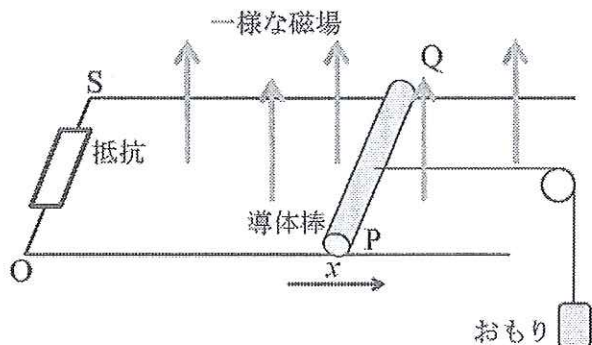


図8

が滑車に衝突することはないものとする。また、重力加速度を g とする。

- (4) 導体棒 PQ の速さが V_1 であるときの加速度の大きさを答えなさい。
 (5) 導体棒 PQ はやがて一定の速さに達する。このときの速さはいくらか答えなさい。

次に、導体棒 PQ につながったひもをとりはずして導体棒に力を加え、時刻 t における位置 x を

$$x = a \cos \omega t + b$$

となるように強制的に振動させた (図 9)。ただし、 ω は角振動数をあらわし、また $0 < a < b$ とする。

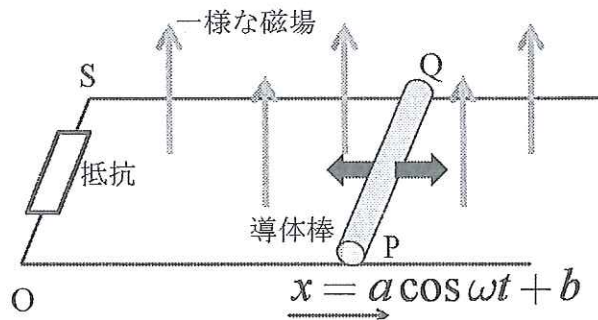


図 9

- (6) 時刻 t における回路 OPQS を貫く磁束を答えなさい。
 (7) このとき、時刻 t において誘導される電流を答えなさい。ここで OPQS の向きに流れる電流の向きを正とする。また一般に、

$$y = \cos \omega t$$

のとき、短い時間 Δt の間に y が Δy だけ変化したとき

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = -\omega \sin \omega t$$

である。

- (8) このとき、誘導された起電力の実効値を答えなさい。また誘導電流の実効値を答えなさい。

[IV] 選択問題

図10に示すように、ピストン付きのシリンダーが、水（密度 ρ [kg/m³]）で満たされている。シリンダーの中には、 n molの単原子分子理想気体の入ったポリ袋があり、シリンダーの底にはばねによって接続されている。シリンダーは大気下（気圧 P_0 [Pa]）に置かれている。シリンダー内の最初の温度は T_0 [K]である。ピストンの面積を S [m²]、シリンダーの底から測ったピストンの位置を L [m]、ばねの自然長を l_0 [m]、ばね定数を k [N/m]、気体定数を R [J/(mol・K)]、ポリ袋の体積を V [m³]、圧力を P [Pa]、重力加速度を g [m/s²]として、以下の問いに答えなさい。ただし、気体の質量、および、圧力・温度変化に伴う水の体積変化は無視してよい。また、 $L > l_0$ であり、ピストンは摩擦なしになめらかに動き、質量は無視できる。シリンダー内の水圧は深さによって変化しないものとする。ポリ袋の体積はシリンダーの体積よりも十分に小さく、中の気体の体積はポリ袋の容量に比べて十分に小さい。また、以下の問題では、シリンダー内の水温は沸点以下であるものとする。

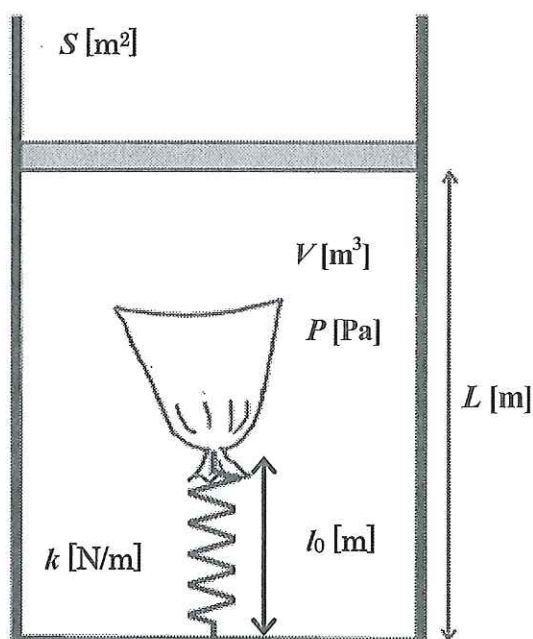


図10

- (1) ポリ袋の体積変化を簡単に測定する方法をのべなさい。
- (2) ピストンにおもりを載せない場合のポリ袋の体積を求めなさい。また、その

時のばねの長さ l [m] を求めなさい。

- (3) シリンダーを温めて、温度をゆっくりと T_1 [K] に上げた (過程 1)。シリンダー、ピストン、ポリ袋の変化の様子を図示しなさい。解答欄 (3-a) には、温度を上げる前のポリ袋、ピストン、ばねの様子が点線で示されているので、それを参考にして、解答を記入すること。また、ポリ袋の体積、ばねの長さを計算しなさい。解答は解答欄 (3-b) に記入すること。ただし、水の密度の変化は無視できるものとする。
- (4) シリンダー内の温度を T_1 [K] に保ったまま、ピストンに質量 m [kg] のおもりを載せて、ゆっくりと手を離した (過程 2)。十分時間が経った時のポリ袋の体積を求めなさい。
- (5) その後、温度を一定に保ったまま、おもりを外し (過程 3)、次いで、シリンダー内の温度を T_0 [K] にもどした (過程 4)。過程 1 ~ 4 でのポリ袋の体積 V と圧力 P の関係を図示しなさい。
- (6) ピストンにおもりを載せて、急に手を離したところ、ピストンの位置が急激に下がり、ポリ袋内の気体の温度が T_2 [K] に上昇した (断熱変化)。気体がされた仕事を求めなさい。

〔V〕 選択問題

図 11 はブラウン管オシロスコープの原理を概略的に示したものである。真空中に保たれた容器内で、陰極と陽極からなる電子銃から x 軸に平行に放出された電子を平行板電極 M、N のあいだに通して電子の方向を変え、蛍光面上に当たる電子の位置を y 軸上で変化させることができる。平行板電極のあいだに加える電場を操作することにより、蛍光面の y 軸上の特定の点に電子を衝突させると、その点の蛍光体が光る。ただし、平行板電極間に電場を加えない場合には、電子は点 O にあたる。このブラウン管オシロスコープにおける電子の運動についての以下の問いに答えなさい。

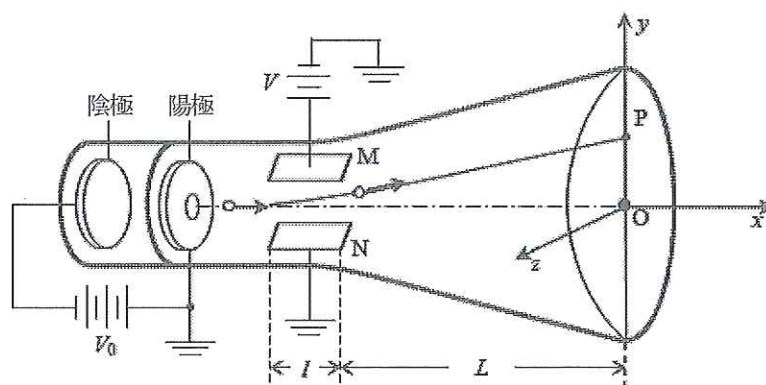


図 11

- (1) 電子銃の陽極と陰極の間に加える電圧を V_0 [V] とする。このとき、電子銃を飛び出した直後に電子が持つ運動エネルギーを答えなさい。ただし、電子の電荷の大きさを e [C] とする。
- (2) 電子銃を飛び出した直後の電子の速度 v_0 [m/s] を、陽極と陰極の間に加えた電圧 V_0 [V] を用いて表しなさい。ただし、電子の質量を m [kg] とする。
- (3) 電子銃の陽極と陰極の間に加える電圧が $V_0 = 1300$ V のときに、電子が電子銃を飛び出した直後の速度を、有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg とする。必要があれば $\sqrt{2} = 1.4$, $\sqrt{7} = 2.6$ を用いなさい。
- (4) 電子銃を速度 v_0 [m/s] で飛び出した電子は直進して、図 12 のように電場を加えられた平行板電極のあいだに入る。電子が平行板電極のあいだで受ける力の方

向と大きさを答えなさい。ただし、平行板電極の間隔を d [m]、平行板電極間に加えられている電圧を V [V] とする。

- (5) 電子が平行板電極を通過するのに要する時間を答えなさい。ただし、電子の進行方向 (x 方向) の平行板電極の長さは l [m] とする。

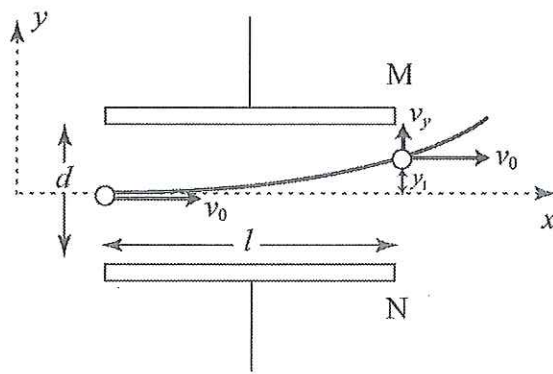


図 12

- (6) 電子が平行板電極を通過した後の、 y 方向の速度 v_y [m/s] を求めなさい。
- (7) 電子が平行板電極を通過した直後の電子の y 方向の位置の、平行板電極に入る前の位置とのずれ y_1 を求めなさい。
- (8) 電子が蛍光面にあたる位置の点 O からのずれ y_2 と、平行板電極に加えた電圧 V [V] の関係を求めなさい。ただし、平行板電極の端と蛍光面の間隔を L [m] とする。
- (9) 平行板電極に電圧 V [V] を加えた状態で、平行板電極の部分のみに磁束密度 B [Wb/m²] の一様な磁場を加えたとき、蛍光面にあたる電子の位置が点 O に戻った。このとき、加えた磁場の向きを答えなさい。また、このときに磁束密度 B [Wb/m²] と平行板電極に加えた電圧 V [V] の関係を答えなさい。