

平成 24 年度 入学 試験 問題

理 科

	ページ
物 理.....	1～ 8
化 学.....	9～22
生 物.....	23～34
地 学.....	35～41

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。

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を開かないこと。
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

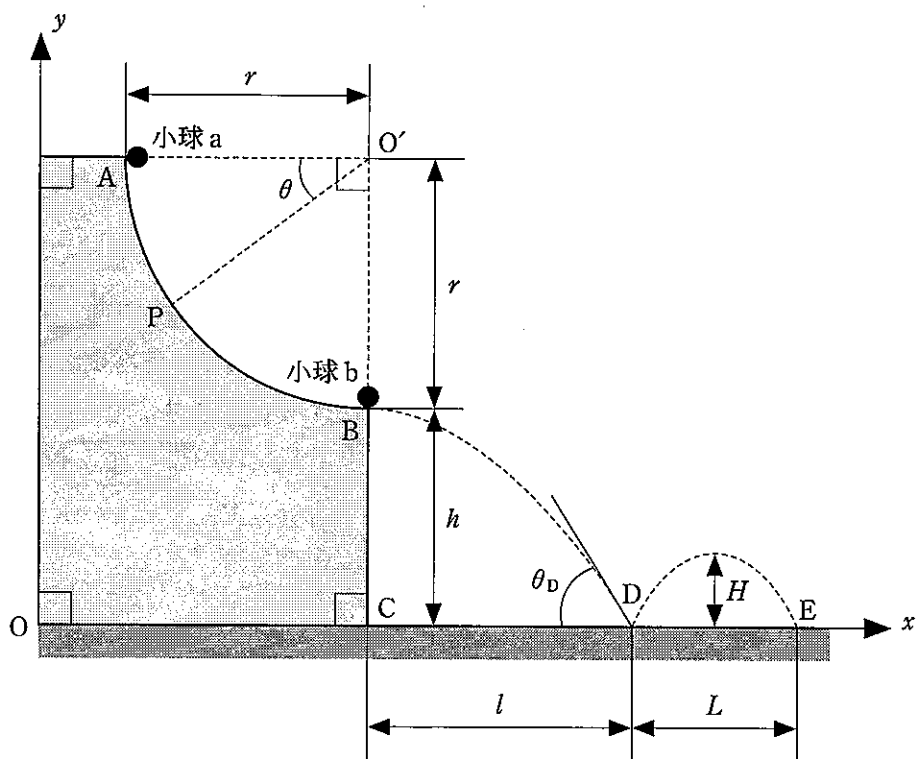
1 図に示すように、長方形から点 O' を中心とする半径 r [m] の扇形 $O'AB$ を取り除いた断面をもつ物体が、水平な床に固定されている。曲面 AB と床面は、なめらかである。点 B は、床から h [m] の高さにある。点 C は、点 B の鉛直下方の床上の点である。図に示すように、長方形の左下を原点 O とし、水平方向に x 軸、鉛直方向に y 軸をとる。以下では問題を xy 平面内に限定して考える。

いま、点 A で質量 m [kg] の小球 a を静かにはなしたところ、曲面に沿ってすべり下り、点 B に静止している質量 M [kg] の小球 b に衝突した。小球 a は衝突後、図の左向き (x 軸の負の向き) にはねかえり、曲面に沿ってすべり上った。一方、小球 b は衝突後、水平に飛び出し、点 C から距離 l [m] 離れた点 D で床に衝突し、はね上がった。このとき、小球 a と小球 b の反発係数 (はねかえり係数) を e 、床と小球 b の反発係数を 0.5 、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、小球 a と小球 b のそれぞれの大きさおよび空気抵抗は無視できるものとして、以下の各問に答えよ。

- (1) 小球 a が曲面上の点 P を通過するときの小球 a の速さ v_{aP} [m/s] と、曲面 AB から受ける抗力の大きさ N [N] を求めよ。ただし、 $\angle AO'P = \theta$ [rad] とする。解答は m, g, r, θ のうち、必要なものを用いて表せ。
- (2) 小球 a が小球 b と衝突する直前の小球 a の速度の x 成分を v_a [m/s] とするとき、衝突直後の小球 a の速度の x 成分 v_a' [m/s] と小球 b の速度の x 成分 v_b' [m/s] を求めよ。解答は m, M, e, v_a を用いて表せ。
- (3) 小球 a が衝突後に曲面に沿ってすべり上るための条件を不等式で示せ。解答は m, M, e を用いて表せ。

(4) 点Cから点Dまでの距離 l を求めよ。また、図に示すように床に衝突するときの速度の向きと床のなす角を θ_D [rad]とすると、 $\tan \theta_D$ を求めよ。解答は g, h, v_b' を用いて表せ。

(5) 小球bが床と衝突してはねかえったときの最高点の高さ H [m]を求めよ。また、小球bがふたたび床と衝突する点をEとすると、DE間の距離 L [m]を求めよ。解答は g, h, v_b' のうち、必要なものを用いて表せ。



2 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

図1に示すように、抵抗値がそれぞれ $R[\Omega]$, $R[\Omega]$, $2R[\Omega]$ の抵抗 R_0 , R_1 , R_2 と自己インダクタンス $L[\text{H}]$ のコイル L , 起電力 $E[\text{V}]$ の直流電源 E , スイッチ S からなる回路がある。直流電源の内部抵抗とコイルや導線の電気抵抗は無視できる。最初スイッチ S は開いており、回路に電流は流れていない。この状態で、以下の操作 I, II を順に行い、回路の各抵抗に流れる電流 $I_0[\text{A}]$, $I_1[\text{A}]$, $I_2[\text{A}]$ および点 A, B の電位 $V_A[\text{V}]$, $V_B[\text{V}]$ の時間変化を調べた。電流は図中の矢印の向きに流れる場合を正とし、電位は点 C の電位を 0V とする。また、時刻 $t[\text{s}]$ における電流や電位の値は $I_0(t)$, $V_A(t)$ などと記す。なお、コイルにはスイッチの開閉直後に直前の電流を保つはたらきがある。

I 時刻 $t = 0\text{s}$ にスイッチ S を閉じた。

スイッチ S を閉じた直後に抵抗 R_1 と R_2 に流れる電流はそれぞれ $I_1(0) = 0\text{A}$, $I_2(0) = I_0(0) = \boxed{\text{①}}$, 点 A の電位は $V_A(0) = \boxed{\text{②}}$ である。その後、 S を閉じてから十分に時間が経過すると、各部を流れる電流はそれぞれ一定になった。このときの時刻を $t = t_1[\text{s}]$ とすると、抵抗 R_1 と R_2 に流れる電流はそれぞれ $I_1(t_1) = \boxed{\text{③}}$, $I_2(t_1) = \boxed{\text{④}}$ であり、点 A の電位は $V_A(t_1) = \boxed{\text{⑤}}$ であり、コイルに蓄えられているエネルギーは $U_L(t_1) = \boxed{\text{⑥}}$ である。

II I の状態の後、時刻 $t = t_2[\text{s}]$ でスイッチ S を開いた。

スイッチ S を開いた直後、抵抗 R_2 に流れる電流は $I_2(t_2) = \boxed{\text{⑦}}$, 点 A と点 B の電位はそれぞれ $V_A(t_2) = \boxed{\text{⑧}}$, $V_B(t_2) = \boxed{\text{⑨}}$ である。その後、スイッチ S を開いてから十分に時間が経過すると、抵抗に流れる電流 I_1 , I_2 はいずれも 0A に、点 A, B の電位 V_A , V_B はいずれも 0V になった。

(ア) 以上の $\boxed{\text{①}}$ ~ $\boxed{\text{⑨}}$ を E , R , L のうち、必要なものを用いて表せ。

(イ) 回路の抵抗 R_1 に流れる電流 I_1 および点 A の電位 V_A の時間変化を表すグラフとしてもっとも適切なものを、それぞれ一つ、図 2 の(a)~(i)から選び、記号を解答欄に記せ。

(ウ) 時刻 $t = t_2$ [s] でスイッチ S を開いてから十分に長い時間が経過する間に抵抗 R_2 で消費されるエネルギーを、 $U_L(t_1)$ を用いて表せ。

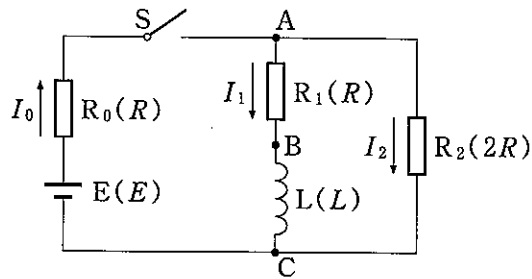


図 1

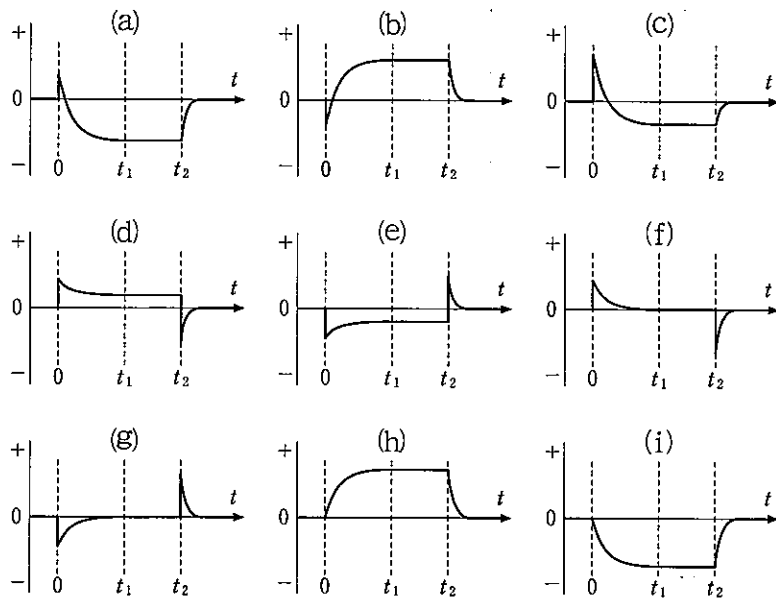


図 2

3 図に示すように、スピーカーAとBさんが一直線上で向かい合っている。スピーカーAは台車に固定されており、振動数 f [Hz]の音波を出しながら、一定の速さで運動できる。なお、スピーカーAとBさんの動く速さは、音速 V [m/s]に比べて十分に遅い。また、スピーカーAとBさんが衝突することはないものとする。

I 図1のように、スピーカーAが、静止しているBさんに、一定の速さ V_A [m/s]で接近している。時刻 $t = 0$ sにおいて、スピーカーAとBさんの間の距離は L [m]である。このとき、以下の各問に答えよ。

- (a) 音波の波長を λ [m]とするとき、 λ を f と V を用いて表せ。
- (b) T [s]の間にスピーカーAが発する音波の振動の回数を、 f と T を用いて表せ。
- (c) $t = 0$ sにスピーカーAで発生した波面が、 $t = t_1$ [s]においてBさんに到達した。 t_1 を L 、 V を用いて表せ。
- (d) $t = T$ [s]にスピーカーAで発生した波面が、 $t = t_2$ [s]においてBさんに到達した。 t_2 を V_A 、 L 、 V 、 T を用いて表せ。
- (e) Bさんに到達した音波の振動数 f_B [Hz]を、 t_1 、 t_2 、 f 、 V 、 T のうち、必要なものを用いて表せ。

II 図2のように、スピーカーAとBさんが、それぞれ一定の速さ V_A [m/s]、 V_B [m/s]で接近している。時刻 $t = 0$ sのとき、スピーカーAとBさんの間の距離は L [m]である。このとき、以下の各問に答えよ。

- (f) $t = 0$ sにスピーカーAで発生した波面が、 $t = t_3$ [s]においてBさんに到達した。 t_3 を V_A 、 V_B 、 L 、 V のうち、必要なものを用いて表せ。

(g) $t = T'$ [s] にスピーカー A で発生した波面が、 $t = t_4$ [s] において B さんに到達した。 t_4 を V_A , V_B , L , V , T' を用いて表せ。

(h) B さんに到達した音波の振動数 f_B' [Hz] を、 V_A , V_B , L , V , f のうち、必要なものを用いて表せ。

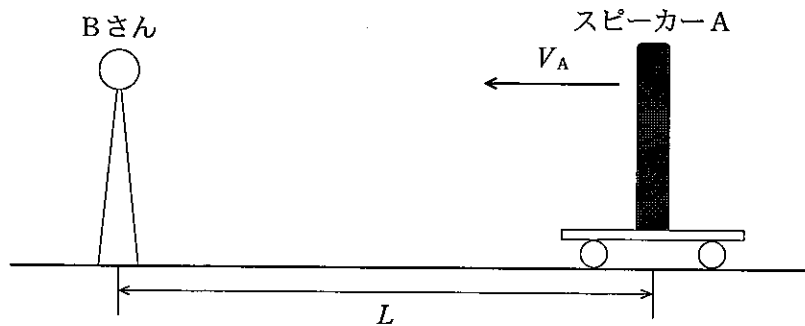


図1 時刻 $t = 0$ s におけるスピーカー A と B さんの位置関係

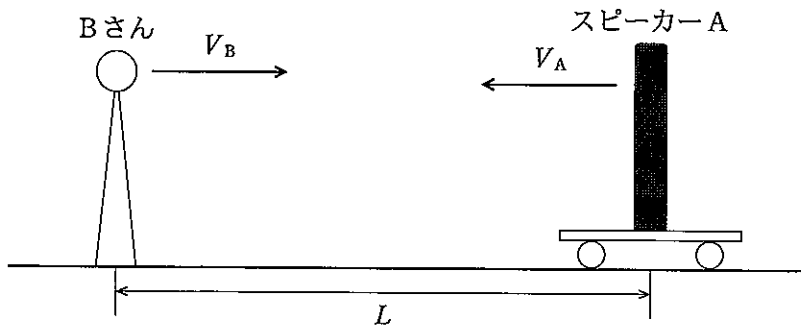


図2 時刻 $t = 0$ s におけるスピーカー A と B さんの位置関係

4 n [mol]の理想気体(以下, 気体という)を, なめらかに動くピストンを持つシリンダー内に閉じ込めている。図1のように, この気体の圧力 p [Pa]と体積 V [m³]を, 状態 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の順序で, 1サイクルの変化をさせた。 $A \rightarrow B$ では断熱圧縮により温度が T_A [K], 圧力が p_A [Pa], 体積が V_A [m³]から, それぞれ T_B [K], p_B [Pa], V_B [m³]に変化した。 $B \rightarrow C$ では, $p_B = p_C$ の等圧(定圧)変化により吸熱し, 温度が T_B [K]から T_C [K]に変化した。 $C \rightarrow D$ では断熱膨張により温度が T_C [K], 圧力が p_C [Pa], 体積が V_C [m³]から, それぞれ T_D [K], p_D [Pa], V_D [m³]に変化した。 $D \rightarrow A$ では, $V_D = V_A$ の定積(等積)変化で, 温度が T_D [K]から T_A [K]に変化した。 出入りする熱量は, 気体が外部から熱を受け取る場合(吸熱)を正, 外部に放出する場合(放熱)を負とし, 仕事は, 気体が外部から仕事をされる場合を正, 外部に仕事をする場合を負とし, 以下の各問に答えよ。なお, 気体定数を R [J/(mol·K)]とし, この気体の定積(定容)モル比熱を C_V [J/(mol·K)], 定圧モル比熱を C_p [J/(mol·K)]とする。

(a) 気体の内部エネルギー増加 ΔU [J], 外部から受け取る熱量 Q [J], 外部からされる仕事 W [J]の間に成立する法則を, 数式で記せ。

(b) 状態 B から状態 C に変化する間に出入りする熱量 Q_{BC} [J]はいくらか。
 n, C_V, C_p, T_B, T_C のうち, 必要なものを用いて表せ。

(c) 状態 D から状態 A に変化する間に出入りする熱量 Q_{DA} [J]はいくらか。
 n, C_V, C_p, T_A, T_D のうち, 必要なものを用いて表せ。

(d) 状態 A から状態 B に変化するときの仕事 W_{AB} [J]はいくらか。 $C_V, R, p_A, p_B, V_A, V_B$ を用いて表せ。また, この仕事の大きさに対応する面積を, 図1のグラフの面積で表すとどうなるか。解答欄に斜線で図示せよ。

(e) この熱機関の熱効率 e はいくらか。 $C_V, C_p, T_A, T_B, T_C, T_D$ を用いて表せ。

(か) 状態 C から体積が V_D になるまでの変化が、断熱ではなく等温で行われた場合、 p - V 図の概略はどうなるか。図 2 に示される曲線①～③から選び、その記号を解答欄に記せ。

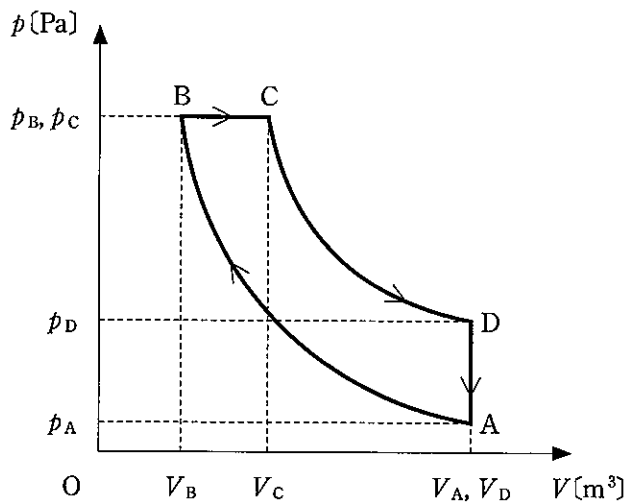


図 1

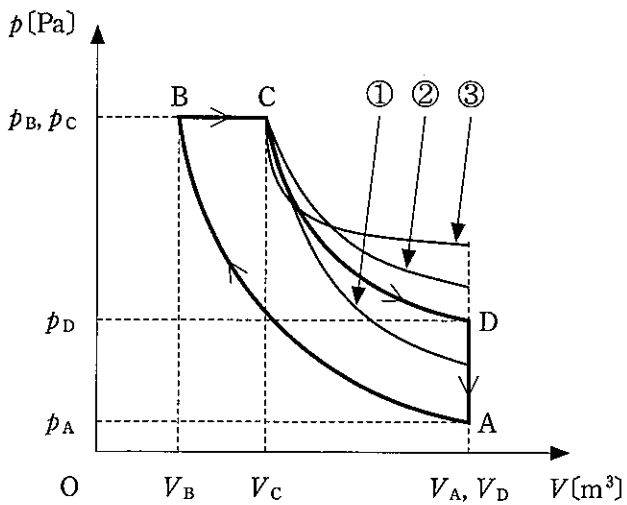


図 2