

# 令和4年度 入学試験問題

## 理 科

	ページ
物 理	1～16
化 学	17～31
生 物	32～49
地 学	50～60

### 注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答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. 試験開始後は、すべての解答用紙に受験番号（2か所）・氏名を記入すること。
3. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
5. 解答用紙は持ち出さないこと。

# 物 理

1 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1のように、なめらかな斜面上の水平面からの高さ  $h_0$  (m) の位置に質量  $m$  (kg) の小球 A を手で押さえて静止させ、なめらかな水平面上に置かれた軽いばねを自然長  $x_0$  (m) から  $x$  (m) ( $x < x_0$ ) だけ縮めた位置で、質量  $m$  (kg) の小球 B を手で押さえて静止させている。ばねの右端は壁に固定され、左端には軽い板がつながっており、小球 B は板から離れることができる。それぞれ静かに手をはなしたところ小球 A は斜面を動き始め、小球 B は板を離れて移動し、水平面上で2つの小球が衝突した。なお、ばねのばね定数を  $k$  (N/m)、重力加速度の大きさを  $g$  (m/s<sup>2</sup>) とし、2つの小球の反発係数 (はねかえり係数) を  $e$  ( $0 < e < 1$ ) とする。水平面上での速度の向きは、すべて図1の右向きを正とする。

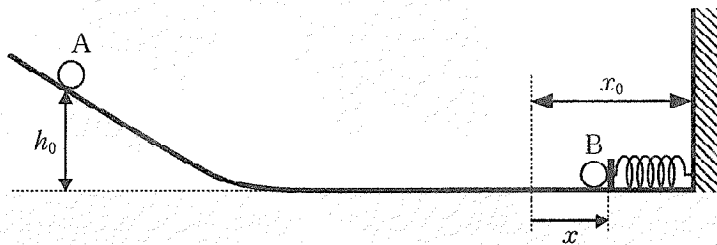


図1

(1) A と B が衝突する直前の A の速度  $v_{A1}$  [m/s] を,  $m, h_0, g$  のうち, 必要なものを用いて表せ。

(2) A と B が衝突する直前の B の速度  $v_{B1}$  [m/s] を,  $m, k, x_0, x, g$  のうち, 必要なものを用いて表せ。

A と B が衝突した直後, A の速度が  $v_{A1}$  から  $v_{A2}$  [m/s] に, B の速度が  $v_{B1}$  から  $v_{B2}$  [m/s] に変化した。

(3)  $v_{A2}$  と  $v_{B2}$  を, それぞれ,  $v_{A1}, v_{B1}, e$  を用いて表せ。

(4) 衝突後の A と B が互いに逆向きに移動するための  $x$  の範囲を,  $m, h_0, k, x_0, g, e$  のうち, 必要なものを用いて表せ。

A と B の衝突後, A が斜面に向かって移動し, 水平面からの高さ  $h_1$  [m] まで到達した。

(5)  $h_1 > h_0$  となる  $x$  の条件を,  $m, h_0, k, x_0, g, e$  のうち, 必要なものを用いて, 不等式で表せ。

II 図2のように、質量  $m$  [kg] の自動車がある。地面から重心  $G$  までの高さを  $H$  [m]、左右のタイヤの間隔を  $L$  [m]、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。ただし、自動車は剛体でタイヤの幅は無視できるほど小さい。

- (6) この自動車を図3のように傾斜角  $\theta$  [rad] の平らで粗い斜面に置いた。自動車のタイヤは摩擦が十分に大きく、滑らない。このとき、A 点を中心に自動車が横転を始めるときの  $\tan \theta$  の条件を、 $m$ 、 $H$ 、 $L$  のうち必要なものを用いて、不等式で示せ。

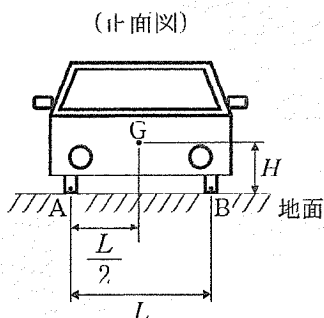


図2

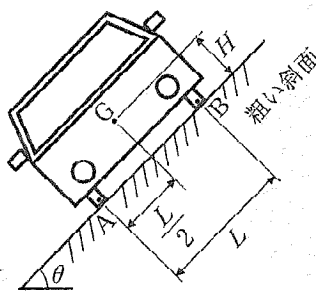


図3

- (7) 2016年の熊本地震では水平方向と鉛直方向で大きな加速度が生じ、転倒している自動車が多数見られた。ここでは、地震時の地盤の揺れによって図4のように水平方向のみにはたらく一定の加速度（水平加速度）が自動車に生じるものとして考える。水平加速度の大きさを  $a$  [m/s<sup>2</sup>] とする。 $a$  がある値  $a_{\min}$  を超えると自動車が横転を始める。このときの  $a_{\min}$  を求めよ。ただし、自動車が滑らずに A 点を中心に横転するものとする。

(8) 前問(7)で、重心  $G$  の位置が中心ではなく、図5に示すように、中心から水平方向に  $x$ (m) の距離だけ左にずれた場合について考える。このときに、重心の水平方向のずれが自動車の横転にどのように影響するのかを考える。次の事項について答えよ。なお、水平加速度の方向は、右または左のいずれの向きにも生じるものとする。

(i) 自動車が反時計回りに横転を始めるときの最小の水平加速度の大きさ  $a_L$  と、時計回りに横転を始めるときの最小の水平加速度の大きさ  $a_R$  の比  $\frac{a_L}{a_R}$  を、 $x$  の関数として表せ。

(ii) 自動車が最も横転しにくくなる  $x$  の条件とその根拠を答えよ。

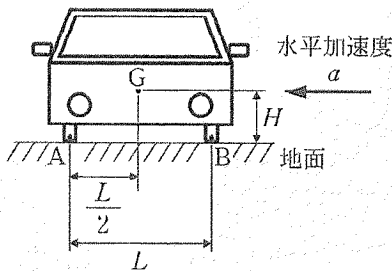


図 4

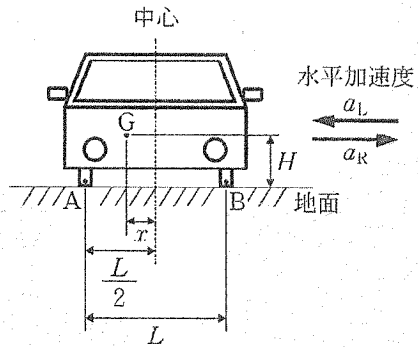


図 5

2

次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

- I 図1のように、内部抵抗が無視できる起電力  $12\text{ V}$  の電池  $E$  と、抵抗値がそれぞれ、 $6.0\ \Omega$ 、 $6.0\ \Omega$ 、 $3.0\ \Omega$  である抵抗  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  と、抵抗値が  $0$  ではない抵抗  $R_x$  と、ダイオード  $D$  からなる回路がある。電位は高い方を正とし、電流は図に示した矢印の方向を正とする。ダイオードは、順方向に電圧が加わったとき電流を流し、そのときの抵抗値は  $0$  である。また、逆方向の電圧に対してはまったく電流を流さないものとする。なお、解答の数値は有効数字  $2$  桁で示せ。

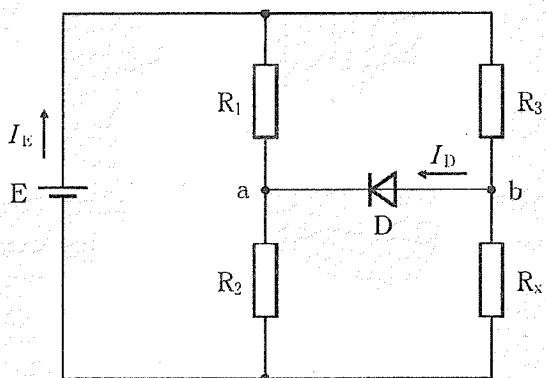


図1

$R_x$  の抵抗値が  $1.0 \Omega$  であったとき,

- (ア) a 点を基準とした b 点の電位  $V$  [V] を, 符号も考慮して求めよ。
- (イ) 電池 E から流れ出る電流  $I_E$  [A] を求めよ。

$R_x$  の抵抗値が可変であったとき,

- (ウ)  $R_x$  の抵抗値を  $r$  [ $\Omega$ ] として, D に電流が流れない  $r$  の範囲を示せ。

$R_x$  の抵抗値が  $12 \Omega$  であったとき,

- (エ) D に流れる電流  $I_D$  [A] を求めよ。

II 図2のように、一辺の長さが  $L$  (m) の正方形の回路が  $xy$  平面上に配置してあり、その回路は抵抗値が  $R$  ( $\Omega$ ) の抵抗  $R$  と導線から構成されている。  $x$  が正の領域 (斜線の領域) には、磁束密度  $B$  (T) の磁場 (磁界) が一様に存在しており、その向きは  $z$  軸の正の向きである。この正方形の回路を一定の速さ  $v$  (m/s) で  $x$  軸の正の向きに移動させる。時刻を  $t$  (s) とし、回路の辺  $bc$  が  $y$  軸 ( $x = 0$ ) に到達した時刻を  $t = 0$  とする。また、誘導電流により発生する磁場は、磁束密度  $B$  の磁場と比べて十分小さいものとする。

以降の間に  $L$ ,  $v$ ,  $R$ ,  $C$ ,  $B$  のうち、必要なものを用いて答えよ。

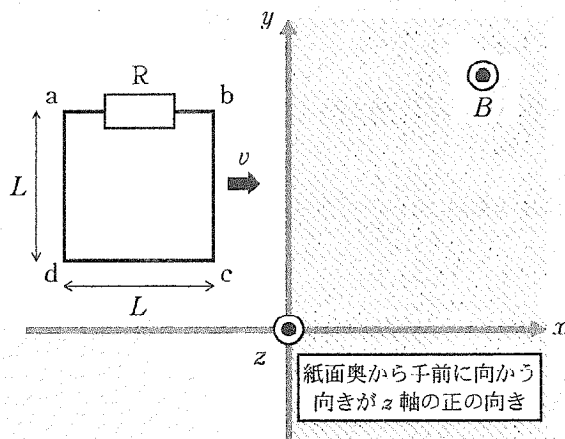


図2



(イ)  $0 < t < \frac{L}{v}$  の間に R を流れる誘導電流の大きさと、その向きを答えよ。

(カ) 誘導電流が流れると回路は磁場から力を受ける。 $0 < t < \frac{L}{v}$  の間に、辺 bc が磁束密度  $B$  の磁場から受ける力の大きさと、その向きを答えよ。

次に、図 3 のように、回路の辺 cd の間に電気容量  $C$  [F] のコンデンサー  $C$  を加え、図 2 のときと同様に回路を一定の速さ  $v$  [m/s] で  $x$  軸の正の向きに移動させた。

(キ) 回路の辺 bc が  $y$  軸に到達した時刻 ( $t = 0$ ) から  $t_1$  [s] 経過後、回路を流れる電流の時間変化がなくなった。このとき、R を流れる電流の大きさを答えよ。ただし、 $0 < t_1 < \frac{L}{v}$  である。

(ク)  $t = \frac{L}{v}$  に回路の辺 ad が  $y$  軸に到達した後も、そのまま回路の移動を十分な時間続けた。 $t = \frac{L}{v}$  以降に R で発生したジュール熱を答えよ。

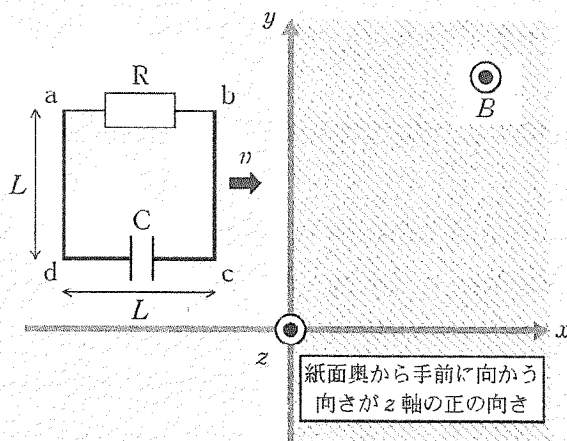


図 3

3 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1に示すように、真っすぐな道路上を、音源を備えた車Aと、車Bが、それぞれ、一定の速さで近づき、真横ですれ違い、遠ざかる。車Aと車Bは、一直線上を進んでいると見なせるものとする。車Aは、周波数 $f$  [Hz]の警笛を鳴らしながら、速さ $v_A$  [m/s]で進んでいる。車Bは、速さ $v_B$  [m/s]で進んでいる。音速を $V$  [m/s]とし、 $v_A$  および  $v_B$  は  $V$  よりも小さく、風は吹いていないものとする。

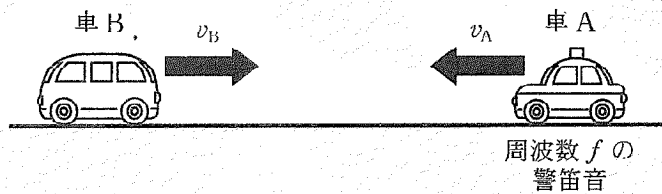


図1

(a) 音源から発せられた警笛音を、車Aに乗った運転手が観測する場合の、警笛音の波長 $\lambda$  [m]を、 $f$ 、 $v_A$ 、 $v_B$ 、 $V$ のうち、必要なものを用いて表せ。

以降の問題では、車の大きさは考えないものとする。

(b) 車Aと車Bがすれ違う前に、車Bに乗った運転手が観測する警笛音の周波数 $f_{前}$  [Hz]を、 $f$ 、 $v_A$ 、 $v_B$ 、 $V$ のうち、必要なものを用いて表せ。

(c) 車Aと車Bがすれ違った後に、車Bに乗った運転手が観測する警笛音の周波数 $f_{後}$  [Hz]を、 $f$ 、 $v_A$ 、 $v_B$ 、 $V$ のうち、必要なものを用いて表せ。

つぎに、図2に示すように、車Bを静止させて、車Bに音の反射板を設置した。車Aは警笛を鳴らすのをやめて、一定の速さ $v_A$ で車Bから遠ざかっている。ある時刻 $t_1$ [s]に、車Aの警笛を一瞬だけ鳴らしたところ、その警笛音は車Bの反射板で反射して、時刻 $t_2$ [s]に車Aへ戻ってきた。

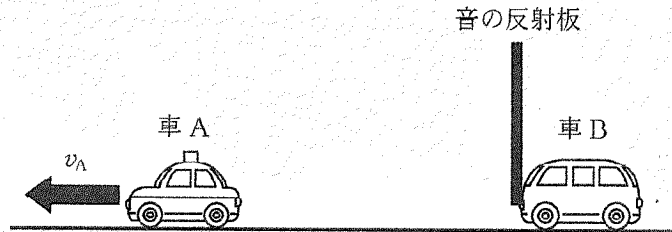


図2

- (d) 時刻 $t_2$ における車Aと車Bの間の距離 $L$ [m]を、 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $v_A$ 、 $V$ のうち、必要なものを用いて表せ。

II 図3はケプラー式望遠鏡を模式的に表したものである。この望遠鏡が遠方の物体を拡大する仕組みについて段階的に考えよう。

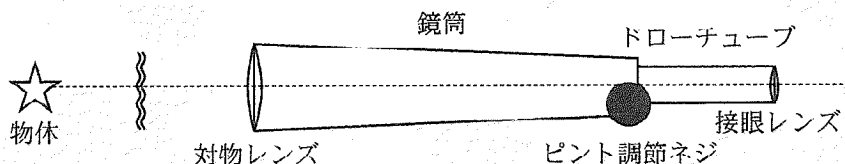


図3

ケプラー式望遠鏡は2つの凸レンズを組み合わせた構造をしている。鏡筒の先端に対物レンズが取り付けられており、ドロージャブには接眼レンズが取り付けられている。ピント調節ネジを回すとドロージャブが前後に移動し、対物レンズと接眼レンズの間の距離が変化する。

最初に1枚の凸レンズの役割を考えるため、図4のように、焦点距離  $f_A$  (m) の凸レンズ  $L_A$  の前方  $a$  (m) の位置に物体 X を置いた。なお、物体 X がある側をレンズの前方とし、図中の  $F_A$  はレンズ  $L_A$  の焦点の位置を示す。

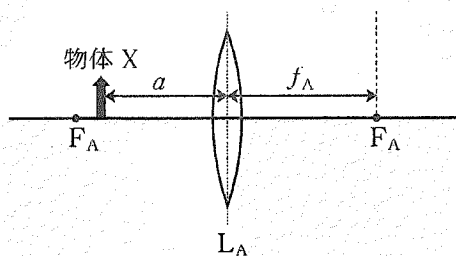


図4

(e)  $0 < a < f_A$  のとき、凸レンズ  $L_A$  の前方には虚像 X が観測される。虚像の倍率を  $M$  としたとき、 $M$  を  $a$  と  $f_A$  を用いて表し、 $a$  と  $M$  の関係をグラフに書け。その際、グラフの形状に留意の上、 $a = \frac{f_A}{2}$  の時の  $M$  の値を書き入れること。

(f)  $f_A < a$  のとき、凸レンズ  $L_A$  の後方に実像  $X'$  が観測される。凸レンズ  $L_A$  から実像  $X'$  までの距離を  $b$  (m) としたとき、 $b$  を  $a$  と  $f_A$  を用いて表せ。

(g) 次の文章の①および②に当てはまる適切な語もしくは語句を記せ。

$a$  が  $f_A$  に対し十分に大きい場合、実像  $X'$  のできる位置は ( ① ) に限りなく近くなり、その大きさは限りなく ( ② ) 。

次に 2 枚の凸レンズを組み合わせたときに起こる現象について考えるため、焦点距離  $f_A$  (m) の凸レンズ  $L_A$  の後方  $l$  (m) の位置に、焦点距離  $f_B$  (m) の凸レンズ  $L_B$  を光軸が一致するように置いた。なお、物体  $X$  は凸レンズ  $L_A$  の前方  $a$  (m) ( $f_A < a$ ) の位置にあるものとする。

(h) 凸レンズ  $L_A$  の後方には物体  $X$  の実像  $X'$  ができる。実像  $X'$  の虚像  $X''$  が凸レンズ  $L_B$  の後方から観測されるための  $l$  の条件を  $a$ 、 $f_A$ 、 $f_B$  を用いて表せ。

(i) 物体  $X$  からの光が図 5 のように凸レンズ  $L_A$  に入射し、実像  $X'$  ができた。図中の  $F_A$ 、 $F_B$  は、それぞれ、レンズ  $L_A$ 、 $L_B$  の焦点の位置を示す。凸レンズ  $L_B$  の後方から観測される虚像  $X''$  を作図せよ。作図はフリーハンドで構わないが、光路の通過点を明示すること。

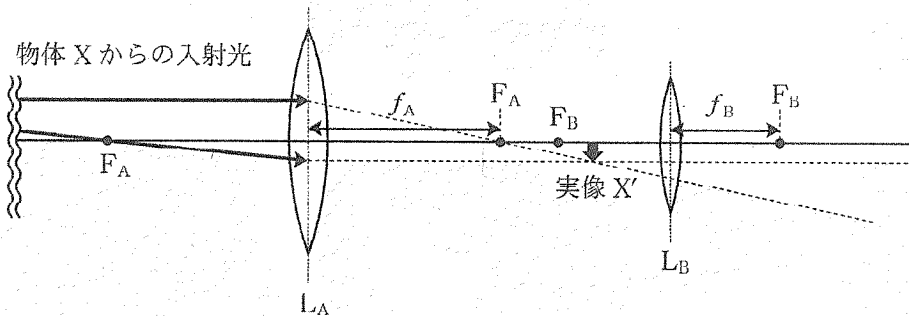


図 5

4

次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I  $n$  [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こめている。図1のように、この気体の圧力と体積を、状態  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$  の順序で、1 サイクルの変化をさせた。  $1 \rightarrow 2$  では定積変化により、圧力が  $p_1$  [Pa]、温度が  $T_C$  [K] から、それぞれ、  $p_2$  [Pa]、  $T_H$  [K] に変化した。  $2 \rightarrow 3$  では温度  $T_H$  [K] の下での等温膨張により、圧力が  $p_2$  [Pa]、体積が  $V_2$  [m<sup>3</sup>] から、それぞれ、  $p_3$  [Pa]、  $V_3$  [m<sup>3</sup>] に変化した。  $3 \rightarrow 4$  では定積変化により、圧力が  $p_3$  [Pa]、温度が  $T_H$  [K] から、それぞれ、  $p_4$  [Pa]、  $T_C$  [K] に変化した。  $4 \rightarrow 1$  では温度  $T_C$  [K] の下での等温圧縮により、圧力が  $p_4$  [Pa]、体積が  $V_4$  [m<sup>3</sup>] から、それぞれ、  $p_1$  [Pa]、  $V_1$  [m<sup>3</sup>] に変化した。

出入りする熱量は、気体が外部から熱を吸収する場合を正とする。また仕事は、気体が外部に仕事をする場合を正とする。なお気体定数を  $R$  [J/(mol·K)] とし、この気体の定積モル比熱を  $C_V$  [J/(mol·K)]、定圧モル比熱を  $C_p$  [J/(mol·K)] とする。

(a) 状態1から状態2に変化する間に気体が外部から吸収する熱量  $Q_{12}$  [J]、および、このとき気体が外部にする仕事  $W_{12}$  [J] を、それぞれ、  $n$ 、  $T_C$ 、  $T_H$ 、  $V_1$ 、  $C_V$  のうち、必要なものを用いて表せ。

(b) 状態2から状態3に変化する間に気体が外部から吸収する熱量  $Q_{23}$  [J]、および、このとき気体が外部にする仕事  $W_{23}$  [J] を、それぞれ、  $n$ 、  $T_H$ 、  $V_2$ 、  $V_3$ 、  $C_p$ 、  $R$  のうち、必要なものを用いて表せ。ただし、図1の曲線2-3と  $V$  軸 ( $p = 0$ ) 上の線分  $V_2$ - $V_3$  との間の面積は、無理数  $e = 2.718\cdots$  を用いて、  $nRT_H \log_e \frac{V_3}{V_2}$  で表される。

(5) 状態4から状態1に変化する間に気体が外部から吸収する熱量  $Q_{41}$  (J), および気体が外部へする仕事  $W_{41}$  (J) を, それぞれ,  $n, T_C, V_1, V_4, C_p, R$  のうち, 必要なものを用いて表せ。

(6) この1サイクルの状態の変化を熱機関と考え, その熱機関の熱効率  $\eta$  を,  $W_{12}, W_{23}, W_{41}, Q_{12}, Q_{23}, Q_{41}$  のうち, 必要なものを用いて表せ。

(7) この熱機関において, 状態3から状態4に変化する間に気体が外部に放出する熱量を回収してすべて再利用できるとすれば, 1サイクルあたりに外部から供給される熱量をその分だけ節約することができる。このときの熱効率  $\eta'$  を,  $T_C, T_H, C_v, R$  のうち, 必要なものを用いて表せ。

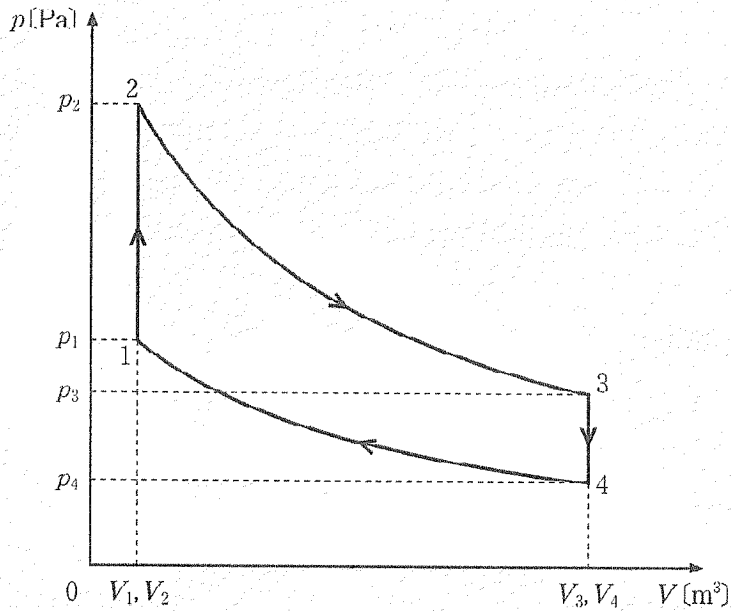


図 1

II 放射性崩壊とは、不安定な放射性同位体の原子核（放射性原子核）が放射線を放出して別の原子核に変化する現象である。天然に存在するウランには、 $^{234}\text{U}$ 、 $^{235}\text{U}$ 、 $^{238}\text{U}$ の3種類の同位体がある。これらはすべて放射性同位体であり、正電荷の放射線を放出する放射性崩壊(ア) および負電荷の放射線を放出する放射性崩壊(イ) 等を繰り返し、いずれも最終的には安定した鉛の同位体になる。

(め) 文章中の正電荷の放射線を放出する放射性崩壊(ア)、および負電荷の放射線を放出する放射性崩壊(イ) の名称として適切なものを下の【選択肢】の①～③からそれぞれ1つずつ選び記号で答えよ。

【選択肢】 ①  $\alpha$ 崩壊      ②  $\beta$ 崩壊      ③  $\gamma$ 崩壊 ( $\gamma$ 線放出)

(き)  $\alpha$ 崩壊で放出される $\alpha$ 線、 $\beta$ 崩壊で放出される $\beta$ 線、および $\gamma$ 崩壊 ( $\gamma$ 線放出) で放出される $\gamma$ 線を比較したとき、電離作用が最も強いのはどれか。また、透過力が最も強いのはどれか。下の【選択肢】の④～⑥からそれぞれ1つずつ選び記号で答えよ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

【選択肢】 ④  $\alpha$ 線      ⑤  $\beta$ 線      ⑥  $\gamma$ 線



- (ク)  $^{235}\text{U}$  が放射性崩壊を繰り返して、安定した鉛になる際の鉛の質量数、崩壊(ア) および崩壊(イ) の回数を答えよ。ただし、鉛の質量数については下の【選択肢】から一つ選べ。なお、原子番号はウランが 92、鉛が 82 である。

【選択肢】 204, 205, 206, 207, 208, 209