

令和4年度学力検査問題

理 科 ①

	ページ	ページ	(解答用紙枚数)
物 理	1	～ 14	2 枚
化 学	15	～ 26	2 枚
生 物	27	～ 43	2 枚

○志望学部別，科目選択方法及び解答時間

志望学部	科 目 選 択 方 法	解答時間
医 学 部	物理，化学，生物から2科目選択すること。	150分
工 学 部	物理，化学から1科目選択すること。	90分
生物資源学部	物理，化学，生物から1科目選択すること。	90分

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 本冊子のページ数は上記のとおりである。落丁，乱丁，印刷不鮮明の箇所などがある場合は申し出ること。
3. 解答はすべて別紙解答用紙のそれぞれの解答欄に記入すること。
4. あらかじめ届け出た科目について解答すること。
5. 解答用紙の指定された欄(物理は計4箇所，化学は計4箇所，生物は計4箇所)に，忘れずに本学の受験番号を記入すること。
6. 試験場内で配布された問題冊子は試験終了後持ち帰ること。

令和 4年 2月25日

令和4年度 三重大学個別学力検査

問題訂正

[前期日程 理科① 化学]

1 受験者に対して、問題訂正があることを以下のとおり口頭で伝えた後に、下記枠内の内容を黒板に一字一句正しく書いてください。

「問題訂正があります。問題訂正の内容は、板書します。」

【化学】

4 22 ページ 問1 1行目

(誤) …適切な語句を記せ。

(正) …適切な語句や数字を記せ。

物 理

1 以下の文章中の (ア) ~ (カ) に適切な数式を書き入れなさい。

図1のように、水平な床の上に台がある。台の末端の点Aから距離 l [m] だけ離れた点Oに質量 m [kg] の質点が置かれている。台の上面は点Aを支点として上に動かして傾けることができる。ただし、重力加速度の大きさには g [m/s²] を用いよ。

問1 台の上面をゆっくり傾けていくと、図2のように水平とのなす角度が θ [rad] になったときに質点がすべりはじめたので、傾けるのを止めた。このとき、質点と台の上面との静摩擦係数は、 θ を用いて (ア) と表される。

その後、質点は台の上面をすべり、点Aから斜め下方向に v [m/s] の速さで飛び出した。質点が点Oから点Aまですべる間に、台の上面より質点に対して一定の大きさの摩擦力が働くとする。この摩擦力が質点にした仕事は (イ) [J] であるため、質点と台の上面との間の動摩擦係数は (ウ) と表される。

台から飛び出した質点は、床の上の点Bに落下した。点Aから点Bに至る時間を t [s] とすれば、点Aの床からの高さは (エ) [m] である。

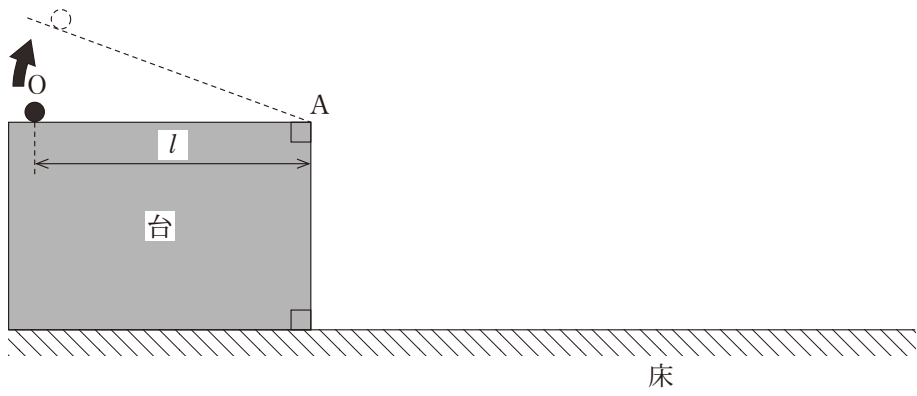


图 1

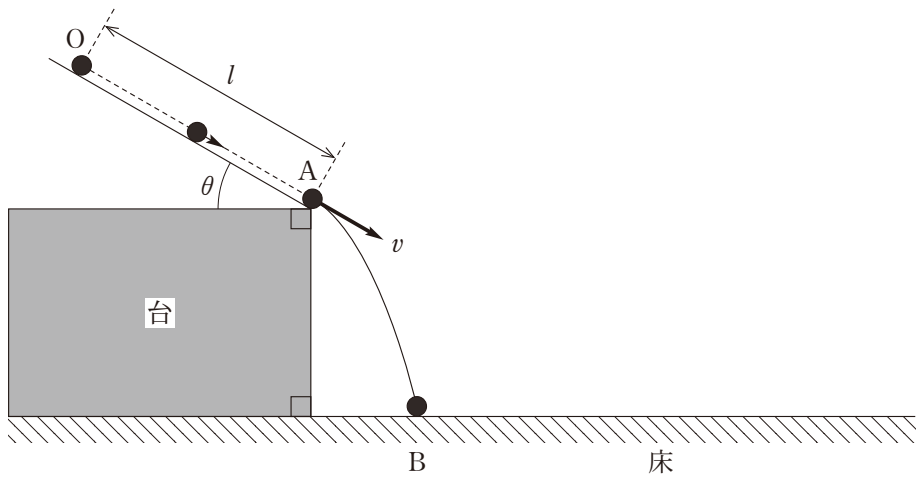


图 2

問 2 点 B に落下した質点は、図 3 のように床に対して θ_1 [rad] の角度で衝突し、 θ_2 [rad] の角度ではね返った。衝突直前、直後の速さがそれぞれ v_1 [m/s]、 v_2 [m/s] であったとすると、はね返り係数 e は、 θ_1 、 θ_2 、 v_1 、 v_2 を用いて $e = \boxed{\text{(オ)}}$ と表される。特に、床がなめらかな場合、速度の水平方向の成分は衝突前後で変化しないため、 e は、 θ_1 、 θ_2 を用いて $e = \boxed{\text{(カ)}}$ と表される。

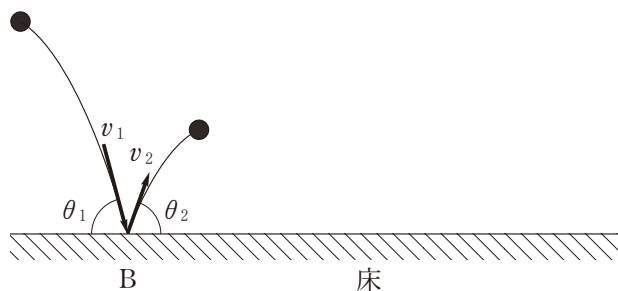


図 3

2 以下の文章中の (i) ~ (viii) に適切な数式を書き入れなさい。

平面上の3点A, B, Cにおいて, 図1のように, 直線ACと直線BCは直交し, 点Aと点Cの間の距離は L [m]であり, 点Bと点Cの間の距離は $2L$ であるとする。時刻 $t = 0$ sで音源と観測者はそれぞれ点Aと点Bに位置する。そして, 音源の音の振動数は f_0 [Hz]であり, 時刻 $t \leq 0$ で音を出さないが, 時刻 $t > 0$ で音を出し続けるとする。

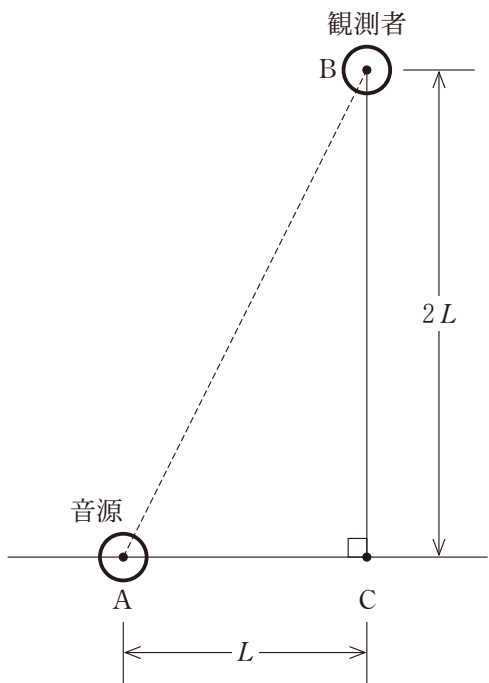


図1

以下では, 時刻 $t \geq 0$ に,

[I] 音源が点Aから点Cの方向に等速直線運動する場合,

[II] 観測者が点Bから点Cの方向に等速直線運動する場合,

を考える。ただし, いずれの場合も等速直線運動する速さは音速 V [m/s]よりも小さいとする。大気中の風の影響は無視する。

[I] まず，図2のように，時刻 $t \geq 0$ に，観測者が点 B に静止し，音源が速さ v_s [m/s] で等速直線運動する場合を考える。

問 1 音源からの音は時刻 $t > \boxed{\text{(i)}}$ [s] において観測者に届く。

問 2 点 A と点 C の間にある点 D に対して， $\angle BDC$ を θ_s [rad] とする。点 D の位置で音源が出した音が観測者に届いたとすれば，観測者が聞く音の振動数は， f_0 ， v_s ， V ， θ_s を用いて $\boxed{\text{(ii)}}$ [Hz] のように表される。

問 3 観測者が振動数 f_0 の音を聞く時刻は $\boxed{\text{(iii)}}$ [s] である。また，その時刻における音源と点 C の間の距離は $\boxed{\text{(iv)}}$ [m] となる。

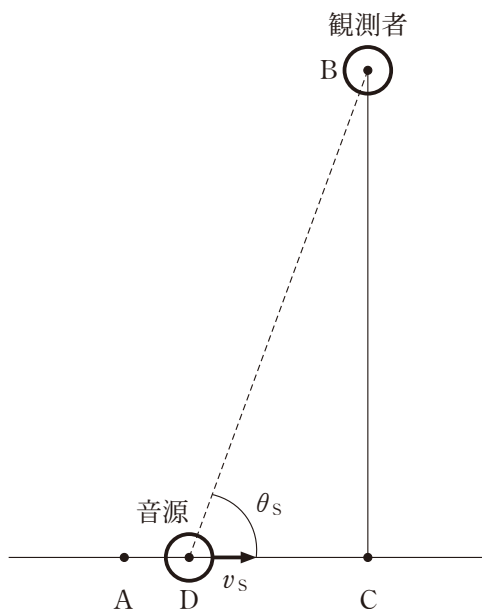


図 2

[II] 次に、図3のように、時刻 $t \geq 0$ に、音源が点Aに静止し、観測者が速さ v_0 [m/s] で等速直線運動する場合を考える。

問4 点Bと点Cの間にある点Eに対して、 $\angle AEC$ を θ_0 [rad]とする。観測者が点Eを通過するとき、音源からの音が観測者に届いていれば、観測者が聞く音の振動数は、 f_0 , v_0 , V , θ_0 を用いて [Hz]のように表される。

問5 $v_0 = \frac{V}{3}$ の場合において、時刻 T [s] に音源が出した音が時刻 T' [s] に観測者に届き、観測者が聞く音の振動数は $\frac{6f_0}{5}$ であった。時刻 T' での観測者と点Cの間の距離は L のみを用いて [m] のように、 T は L , V を用いて [s] のようになるため、 T は L , V を用いて [s] のように表される。

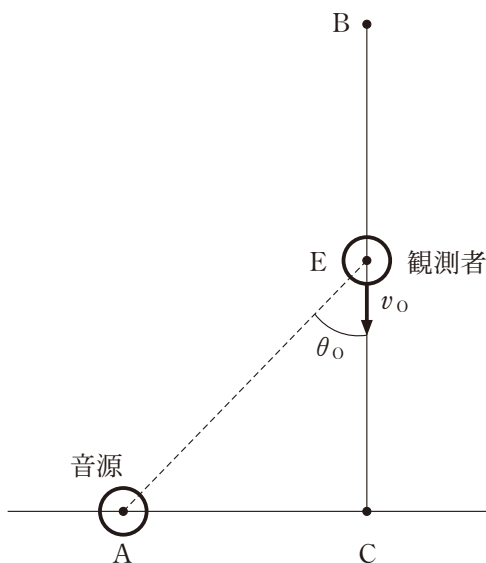


図3

3 次の文章を読み、問 1～問 5 に答えなさい。

図に示すグラフのように、1 mol の単原子分子理想気体の状態を $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ の順にゆっくりと変化させる。過程 $A \rightarrow B$ は定圧変化、過程 $B \rightarrow C$ は定積変化、過程 $C \rightarrow A$ は断熱変化である。

A での気体の体積は $13 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 、圧力は $2.2 \times 10^5 \text{ Pa}$ である。C での気体の体積は $21 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 、圧力は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ である。また、グラフの横軸に A からおろした垂線の足を P、C からおろした垂線の足を Q とする。

気体定数は $R = 8.3 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ であるとし、数値で答える場合には有効数字 2 桁としなさい。また、必要ならば 1 mol の単原子分子理想気体の温度 $T[\text{K}]$ での内部エネルギー $U[\text{J}]$ が $U = \frac{3}{2} RT$ であることを用いなさい。

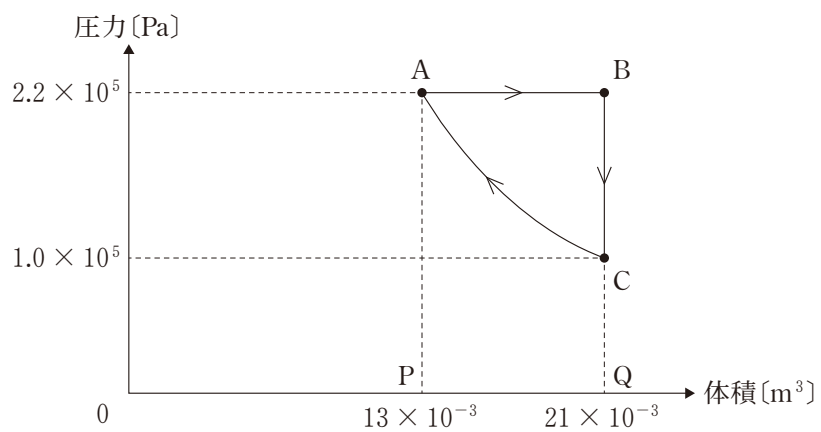
問 1 状態 A での気体の温度を答えなさい。

問 2 過程 $A \rightarrow B$ で気体がする仕事を答えなさい。

問 3 過程 $B \rightarrow C$ で気体が放出する熱量を答えなさい。

問 4 グラフにおいて曲線 AC と線分 AP, CQ, PQ で囲まれる領域の面積で表される量が何を意味するのか、説明しなさい。

問 5 前問の量の大きさを、単位を付けて答えなさい。



図

4 以下の文章中の (あ) ~ (こ) に適切な数式を, (さ) には「 x 軸の正の方向」, 「 x 軸の負の方向」のうち適切な語句を書き入れなさい。

図のように, 真空中に縦 l [m], 横 a [m] である 2 枚の長方形の薄い極板 A, B を間隔 l [m] だけ隔て, 両端をそろえて平行に対向させてコンデンサーを形成する。両極板に起電力 V [V] の電池を導線で接続する。ただし, 真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。

極板 A の横方向と平行になるように x 軸をとる。極板 A の左端を原点とし, 右向きを x 軸の正の方向とする。電池を接続したままで, コンデンサーの極板間に縦 l [m], 横 a [m], 厚さ l [m] の直方体の誘電体をコンデンサーの左端から挿入した。誘電体の右端の位置を x [m] とする。ただし, 誘電体の比誘電率 ϵ_r は $\epsilon_r > 1$ とする。この誘電体は変形せず, 極板間を x 軸方向になめらかにゆっくりと移動する。

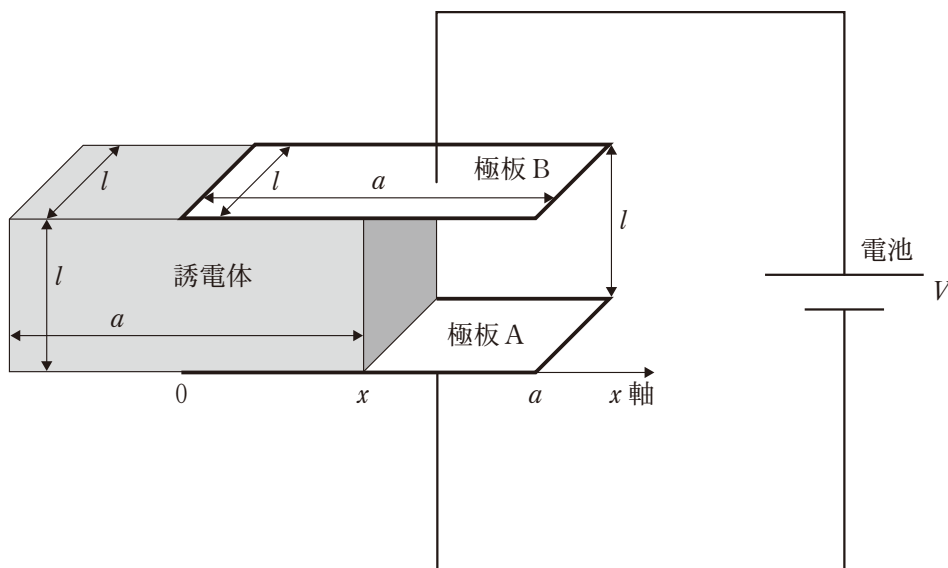
なお, コンデンサーの内部の電場は極板に対して垂直であるとする。極板端部での電場の乱れの効果は考えないものとする。また, 極板および導線の電気抵抗, 電池の内部抵抗は無視できるとする。

問 1 誘電体を挿入すると, 誘電体に x 軸方向の力が働いた。 x 軸方向に外力を加えて, $x = x_0$ [m] の位置で誘電体を静止させた。ただし, $0 < x_0 < a$ である。

このとき, コンデンサーの電気容量は (あ) [F], コンデンサーに蓄えられている電気量は (い) [C], コンデンサーに蓄えられている静電エネルギーは (う) [J] である。

問 2 両極板に電池を接続したままで、 $x = x_0$ [m] の位置から $x = x_0 + \Delta x$ [m] の位置まで誘導体をゆっくりと移動させて静止させた。ただし、 Δx は微小距離で、 $\Delta x > 0$ 、 $0 < x_0 + \Delta x < a$ とする。このとき、コンデンサーの電気容量は [F]、コンデンサーに蓄えられている電気量は [C]、コンデンサーに蓄えられている静電エネルギーは [J] である。

この移動の間のコンデンサーの電気量の増加量は [C] なので、電池によりなされた仕事は [J] である。したがって、この移動の間に外力によってなされた仕事は [J] である。これより、 $\epsilon_r > 1$ 、 $\Delta x > 0$ であることを考慮して、外力の大きさは [N] で、向きは である。



図

5 以下の文章中の ① ~ ⑧ に適切な数式もしくは数値を書き入れなさい。

核医学治療では放射性同位体やその化合物を体内に投与し、放射線のエネルギーを治療に用いる。この際、 β 線またはそれより物質を透過する能力(透過力)が低い α 線を放射する放射性同位体が利用される。 α 線は透過力が低いため、近くにあるがん細胞の増殖を抑えるが、離れた細胞には影響を及ぼしにくい。

問 1 静止した原子核 X が α 崩壊することで原子核 Y になったとする。ただし、原子核 X, 原子核 Y, α 粒子の質量をそれぞれ M_x [kg], M_Y [kg], m [kg] とし, $M_x > M_Y + m$ である。また、真空中の光の速さを c [m/s] とする。

この α 崩壊で発生するエネルギーは ① [J] であり、そのすべてが原子核 Y の運動エネルギーと α 粒子の運動エネルギーになったとすると、それらの運動エネルギーの比は

$$\frac{\text{原子核 Y の運動エネルギー}}{\alpha \text{ 粒子の運動エネルギー}} = \text{②}$$

である。

問 2 ラジウム ${}^{223}_{88}\text{Ra}$ は前立腺がんの治療に用いられる放射性医薬品のひとつである。 ${}^{223}_{88}\text{Ra}$ は α 崩壊をするが、その崩壊の半減期を $T[\text{s}]$ とする。時刻 $t = 0 \text{ s}$ での ${}^{223}_{88}\text{Ra}$ 原子核の数を N_0 [個] とすると、時刻 $t[\text{s}]$ での ${}^{223}_{88}\text{Ra}$ 原子核の数は $N = \boxed{\text{③}}$ [個] と表される。

時刻 $t = 0 \text{ s}$ で ${}^{223}_{88}\text{Ra}$ を投与したときの ${}^{223}_{88}\text{Ra}$ 原子核の数が $N_0 = 4.80 \times 10^{12}$ 個であり、その後、 $t = 1.92 \times 10^6 \text{ s}$ に ${}^{223}_{88}\text{Ra}$ 原子核の数が $N = 1.20 \times 10^{12}$ 個となったとする。これより ${}^{223}_{88}\text{Ra}$ の半減期を日単位で有効数字 2 桁まで求めると、 $\boxed{\text{④}}$ [日] である。

問 3 ${}^{223}_{88}\text{Ra}$ がまず 1 回の α 崩壊をするとラドン Rn になる。 α 崩壊後の Rn の質量数は $\boxed{\text{⑤}}$ ，原子番号は $\boxed{\text{⑥}}$ である。

${}^{223}_{88}\text{Ra}$ が Rn へと崩壊した後、さらにいくつかの段階を経て、安定な鉛 ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ となる。 ${}^{223}_{88}\text{Ra}$ が ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ に至るまで合計で、 α 崩壊する回数は $\boxed{\text{⑦}}$ [回]， β 崩壊する回数は $\boxed{\text{⑧}}$ [回] である。

化 学

[注意] 必要があれば次の値を使うこと。

$$\pi = 3.14, \sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24$$

$$\log_{10} 2 = 0.30, \log_{10} 3 = 0.48, \log_{10} 7 = 0.85$$

$$\text{原子量 : H} = 1.00, \text{C} = 12.0, \text{N} = 14.0, \text{O} = 16.0, \text{Na} = 23.0,$$

$$\text{Al} = 27.0, \text{S} = 32.1, \text{Cl} = 35.5, \text{K} = 39.1, \text{Ca} = 40.1,$$

$$\text{Fe} = 55.9, \text{Cu} = 63.6, \text{Zn} = 65.4, \text{Ag} = 108, \text{I} = 127,$$

$$\text{Pb} = 207$$

$$\text{気体定数 : } 8.31 \times 10^3 [\text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})]$$

1 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

結晶は、原子やイオン、分子などの構成粒子が規則正しく配列した固体で、構成粒子の種類や形成される化学結合などによって性質が異なる。一般に、固体を融解した液体をゆっくりと冷却すると結晶が得られるのに対して、急冷すると構成粒子の配列が不規則な ア(語句) が得られる。

ドライアイスやヨウ素は、分子間に働く弱い引力である イ(語句) によって、ウ(語句) 結晶を形成する。氷も ウ(語句) 結晶であるが、分子間に エ(語句) を形成して水分子が配列しているため、すき間の多い構造をとる。また、ケイ素や二酸化ケイ素は、各原子が オ(語句) で連なった オ(語句) 結晶である。特に、ケイ素は、カ(物質名) と同じ結晶構造をもち、単位格子に キ(数字) 個の原子を含む、きわめて純度の高い結晶が得られることから ア^(a) ボ ガ ド ロ 定 数 の 決 定 に 用 い ら れ る。

金属のおもな結晶格子には、体心立方格子、面心立方格子および ク(語句)^(b) 構造がある。面心立方格子と ク(語句) 構造については、原子間のすき間^(c) が で き る 限 り 小 さ く な る よ う に 配 列 さ れ た ケ(語句) 構造を形成する。

問 1 文章中の ~ を, 内の指示に従って記せ。

問 2 下線部(a)について, ケイ素のモル質量を m [g/mol], その単位格子の一辺の長さを a [nm], 結晶の密度を d [g/cm³] として, アボガドロ定数を示せ。

問 3 下線部(b)について, 体心立方格子および面心立方格子それぞれの単位格子中に含まれる原子の数を答えよ。

問 4 下線部(c)について, 単位格子の一辺の長さを同じとしたときに, 体心立方格子に対する面心立方格子の充填率の比を有効数字 3 桁で答えよ。

2 次の文章を読み、問 1 ～問 6 に答えよ。

8 種類の金属イオン Ag^+ 、 Al^{3+} 、 Ca^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Na^+ 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} のうち 4 種類ずつを含む水溶液 X および水溶液 Y がある。水溶液 X、Y に同じ金属イオンは含まれていない。水溶液 X に以下の操作①～④を、水溶液 Y に以下の操作⑤～⑧を行った。ただし、各操作における反応は完全に進行するものとする。

操作①：水溶液 X に希塩酸を加えると沈殿 A が生じたので、ろ過して分離した。ろ液が酸性になっていることを pH 試験紙で確認した。

操作②：①のろ液に硫化水素を通じると沈殿 B が生じたので、ろ過して分離した。

操作③：②のろ液を煮沸し、希硝酸を加えた。その後、^(a)過剰のアンモニア水を加えると沈殿 C を生じたので、ろ過して分離した。ろ液が塩基性になっていることを pH 試験紙で確認した。

操作④：③のろ液に硫化水素を通じると沈殿 D が生じたので、ろ過して分離した。^(b)

操作⑤：水溶液 Y に希塩酸を加えると沈殿 E が生じたので、ろ過して分離した。分離した沈殿 E に過剰のアンモニア水を加えると溶解した。^(c)

操作⑥：⑤のろ液に過剰のアンモニア水を加えると沈殿 F を生じたので、ろ過して分離した。分離した沈殿 F に過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えると溶解した。^(d)

操作⑦：⑥のろ液に炭酸アンモニウム水溶液を加えると沈殿 G を生じたので、ろ過して分離した。分離した沈殿 G に希塩酸を加えると気体が発生した。^(e)

操作⑧：⑦のろ液で炎色反応を行った。^(f)

問 1 各操作で生じた沈殿について、以下の(1), (2)に答えよ。

(1) 沈殿 A~G の化学式を記せ。

(2) 沈殿 A~G のうち白色のものをすべて答えよ。解答は A~G の記号で記すこと。

問 2 下線部(a)は沈殿 C を得るために行った。下線部(a)を行う理由を説明せよ。

問 3 下線部(b)に関して以下の(1), (2)に答えよ。

(1) 硫化水素は 2 段階に電離する。電離平衡の反応式を第 1 段階と第 2 段階に分けて記せ。

(2) 沈殿 D は、酸性のろ液を用いた操作②では生じなかったが、塩基性のろ液を用いた操作④では生じた。硫化水素の電離平衡を考慮して、その理由を説明せよ。

問 4 下線部(c), (d)のイオン反応式および生成する錯イオンの名称を記せ。

問 5 下線部(e)に関して以下の(1), (2)に答えよ。

(1) この反応の化学反応式を記せ。

(2) 発生した気体は圧力 1.00×10^5 Pa, 温度 27.0 °C で体積 49.8 mL であった。希塩酸を加える前の沈殿 G の質量[g]を有効数字 3 桁で求めよ。ただし気体は理想気体とみなすこと。

問 6 下線部(f)の炎色反応の色を記せ。

3

次の文章ⅠおよびⅡを読み、問1～問4に答えよ。

Ⅰ. 牛脂や豚脂のように常温で固体の油脂は ア といい、オリーブ油や大豆油のように常温で液体の油脂を イ という。このような油脂が本来もっている物理的・化学的性質を表すのが特数である。特数には物理的性質を表す融点、凝固点、比重、屈折率などと、化学的性質を表すけん化価、ヨウ素価などがある。けん化価とは油脂1gをけん化するのに必要な水酸化カリウムの質量(mg単位)^(a)の数値をいい、油脂を構成する脂肪酸の分子量の大きさの目安となる。一方、ヨウ素価は、油脂100gに付加するヨウ素の質量(g単位)の数値をいい、油脂を構成する脂肪酸の二重結合の数の目安となる。

Ⅱ. 油脂に水酸化ナトリウムを加え加熱すると、油脂はけん化され、1,2,3-プロパントリオール(グリセリン)と脂肪酸のナトリウム塩^(b)を生じる。この脂肪酸ナトリウムは水になじみやすい親水基と水になじみにくい疎水基から構成されるため、一定濃度以上(約0.2%～)を水に溶かすと疎水基の部分を内側に向け、親水基の部分を外側に向けて集まりコロイド粒子^(c)を作る。

問 1 上記の文章の空欄 および に入る適切な語句を記せ。

問 2 下線部(a)について、以下の(1)~(5)に答えよ。

油脂 A を分析したところ、パルミチン酸(示性式： $C_{15}H_{31}COOH$) 37.3%，オレイン酸(示性式： $C_{17}H_{33}COOH$) 58.7%，リノール酸(示性式： $C_{17}H_{31}COOH$) 4.00% で構成されていた。ただし、脂肪酸の割合は油脂を構成する脂肪酸分子の数に基づいた値である。

- (1) この油脂 A の平均分子量を求め、小数点以下を四捨五入した整数値で答えよ。
- (2) この油脂 A の 1 分子あたりの炭素原子間の二重結合の平均数を求め、小数点以下を四捨五入した整数値で答えよ。
- (3) けん化価およびヨウ素価をそれぞれ求め、小数点以下を四捨五入した整数値で答えよ。
- (4) (2)で求めた数の二重結合数が油脂 A の 1 分子に存在する場合、油脂 A には光学異性体を含めて何種類の異性体が存在するか記せ。ただし、脂肪酸部位での異性体は考慮しないものとする。
- (5) この油脂 A のある量を完全水素付加するのに $27.0^{\circ}C$ 、 $1.50 \times 10^5 Pa$ で水素 5.00 L を要した。もとの油脂 A は何 g か。小数点以下を四捨五入した整数値で答えよ。

問 3 下線部(b)および(c)は、それぞれ何というか適切な語句を記せ。

問 4 下線部(b)で示した脂肪酸のナトリウム塩を溶解させた水溶液に希塩酸または塩化カルシウム水溶液をそれぞれ加えた場合、水溶液はどのように変化するか記せ。

4 次の文章Ⅰ～Ⅲを読み、問1～問9に答えよ。

Ⅰ. 原子や分子の間で「何が授受されているか」に着目することは、化学反応や化合物の性質を考えるときに有用である。

酸と塩基は、ア の定義によると、それぞれ、次のように説明される。すなわち、酸は水に溶けて水溶液中で水素イオンを生じる物質であり、塩基は水に溶けて水溶液中で水酸化物イオンを生じる物質である。これをイ と ウ は、水素イオンの授受により定義し直し、「酸とは水素イオンを エ 物質のこと」であり、^(a)「塩基とは水素イオンを オ 物質のこと」^(b)である、と説明した。

物質 A が物質 B から酸素原子を受け取れば、物質 A は ① されたといい、物質 B は ② された、という。また、酸化還元反応は、水素原子の授受で説明できることがある。物質 C が物質 D から水素原子を受け取れば、物質 C は ③ されたといい、物質 D は ④ された、という。これらを カ の授受で見ることによって統一的に考えることができる。すなわち、ある原子や物質が カ を受け取ったとき ⑤ されたといい、そのとき、カ を失った原子や物質は、⑥ されたという。このように、酸化と還元は同時に起こる。

Ⅱ. 化合物 E は分子式 $C_2H_4O_2$ で表される食酢の成分であり、弱酸性を示す。

^(c)化合物 E は、水酸化ナトリウムと反応して塩である化合物 F が生じる。化合物 E と水酸化ナトリウムとを過不足なく反応させた後、水溶液を蒸発させて得た固形の化合物 F を、再び水に溶かすと完全に電離するが、イオンの一部 ^(d)が水と反応して塩基性を示す。

化合物 E の水溶液に、化合物 E の物質量の半分の物質量となるように水酸化ナトリウムを溶かした。 ^(e)化合物 E が適当な濃度であれば、この水溶液へ少量の酸や塩基を加えても、水素イオン濃度の変化は起こりにくい。このような作用をもつ溶液を キ という。

Ⅲ. 分子式 $C_6H_8O_7$ で表される化合物 G と、化学式 H_3PO_4 で表されるリン酸はともに価数が の酸である。適当な濃度の水酸化ナトリウム水溶液を用いてこれらの中和滴定曲線をそれぞれ描いたところ、過不足なく中和する点までの間に、^(f)リン酸では pH の変化が大きい領域が複数認められたが、化合物 G ではそのような領域がはっきりしなかった。

問 1 ~ に入る適切な語句を記せ。ただし、 ~ には人名が入る。

問 2 ~ には「酸化」か「還元」が入る。「還元」が入るものを記号ですべて答えよ。

問 3 物質 A~D のうち、酸化剤となるものを記号ですべて答えよ。

問 4 下線部(a)および(b)の定義を適用すると、水分子は酸または塩基として働くことがあると言える。それぞれの場合について化学反応式を記せ。ただし、水分子と反応する化合物にはアンモニアまたは塩化水素を用いよ。

問 5 下線部(c)に示すように化合物 E は弱酸性である。いま、化合物 E の酸の電離定数 K_a を 2.7×10^{-5} mol/L とするとき、0.10 mol/L の化合物 E を溶かした水溶液の水素イオン指数 (pH) を小数第 1 位まで求めよ。計算の過程も記せ。ただし、電離度は 1 に比べて十分小さいものとする。

問 6 化合物 F に関し下線部(d)が示す反応を化学反応式で記せ。また、この反応でイオンの一部のみが反応する理由を答えよ。

問 7 下線部(e)の操作により得られた水溶液の水素イオン濃度は、化合物 E の酸の電離定数 K_a に等しいことを、式を用いて説明せよ。

問 8 化合物 G はレモン果汁に含まれるカルボン酸である。化合物 G の構造式を書け。

問 9 下線部(f)のようになった理由を説明せよ。

5 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

グルコースは、水溶液中で **ア** 種類の異性体が平衡状態にあり、混合物として存在する。異性体の一つは、六員環構造が開いて **イ** 構造となっているため **ウ** 基を持ち、**エ** 性の性質を示す。したがって、グルコース水溶液にアンモニア性硝酸銀溶液を加え加熱をすると、**オ** が析出する。この反応は、**カ** 反応と呼ばれる。

グルコースを構成単位とする多糖類は、デンプンやセルロースなどがある。デンプンは、隣接する **キ** 型のグルコースが **ク** 位と **ケ** 位の **コ** 基との間で脱水縮合した直鎖状構造^(a)の部分と、**サ** 位と **シ** 位の **コ** 基との間で脱水縮合した枝分かれ構造^(b)の部分から成る。セルロースは、植物の細胞壁の主成分であり、植物の中で約30%から50%を占めている。セルロースは、隣接する **ス** 型のグルコースが **セ** 位と **ソ** 位の **コ** 基との間で脱水縮合した構造を有する直鎖状の多糖類である。直鎖状のセルロース分子は、平行に並び分子間に多くの **タ** 結合が出来るため、強い繊維となる。セルロースに濃硝酸と濃硫酸の混酸を作用させると **コ** 基が **チ** 化されトリニトロセルロース^(c)ができる。トリニトロセルロースは、硝化綿や強綿葉とよばれ無煙火薬の原料となる。トリニトロセルロースの一部を加水分解することによって得られるジニトロセルロースは、合成樹脂 **ツ** の原料となる。また、セルロースに少量の濃硫酸を触媒とし、無水酢酸を作用させると、**コ** 基が **テ** 化されトリアセチルセルロース^(d)が生成する。トリアセチルセルロースはフィルムとして利用されている。トリアセチルセルロースは、有機溶媒に溶けにくいですが、部分的に加水分解すると **ト** が得られ、アセトンなどに溶けるようになる。**ト** のアセトン溶液を細孔から押し出し、熱風を用いて乾燥させると、**ナ** 繊維が得られる。**ナ** 繊維のように、天然高分子化合物を化学的に処理してから紡糸したものは、**ニ** 繊維と呼ばれる。セルロースに水酸化ナトリウムと二硫化炭素を反応させると、粘性のある **ヌ** と呼ばれる赤褐色の溶液が得られる。これを細孔から希硫酸中に押し出して繊維にしたもの

は と呼ばれる。また、 から膜状にセルロースを再生させると が得られる。セルロースを深青色の 試薬に溶かした後、細孔から希硫酸中に押し出して繊維にしたものは、銅アンモニアレーヨンと呼ばれ、衣類の裏地などに使われている。 や銅アンモニアレーヨンは、代表的な再生繊維である。このようにセルロースは、私たちの身の回りにある工業製品の原料として広く利用されている。

問 1 文章中の ~ にあてはまる語句や数字を記せ。ただし、数字については、同じものがあてはまる場合もある。

問 2 デンプン中の下線部(a)と(b)の構造を持つ分子について、それぞれ名称を記せ。

問 3 下線部(c)と(d)について、それぞれを構成するグルコース単位の分子構造を完成させよ。

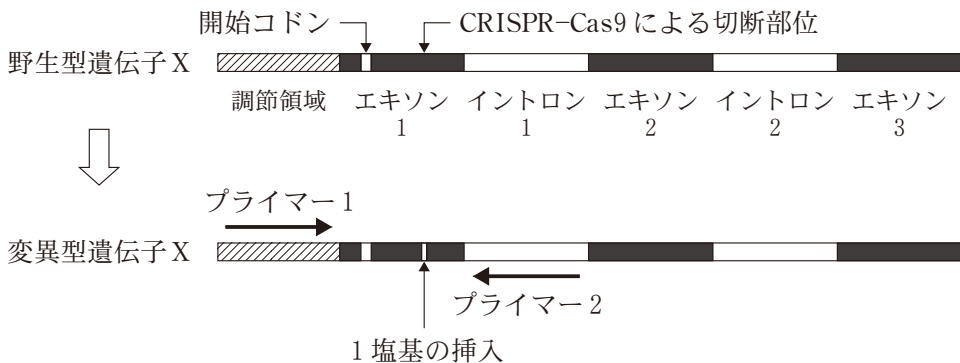
問 4 セルロース 162 g に、少量の濃硫酸を触媒とし無水酢酸を作用させてトリアセチルセルロースを得た。次に、トリアセチルセルロースを穏やかに加水分解し、 を含む 化されたセルロースを 250 g 得た。この場合、原料となったセルロース分子が持つ 基について、何%が置換されていることになるか計算せよ。有効数字 3 桁で答えること。計算の過程も記せ。

生 物

1 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

ある特定の遺伝子の生体内での働きを調べる場合、遺伝子改変技術を用いることでその遺伝子を実験動物のゲノムに外来遺伝子として導入したり、働かなくさせたりすることができる。その結果、生物に起こる現象を観察することで、その遺伝子の機能を推測することが可能となる。^(a)近年、これらの遺伝子改変技術に大きなブレイクスルーがあった。元々は細菌の免疫機能の研究からみつかったこの技術は、ゲノム編集と呼ばれている。その技術の一つである CRISPR-Cas9 は既存の遺伝子改変技術に比べて高精度かつ簡便であるため、現在の医学・生物学研究になくてはならないツールとなっている。CRISPR-Cas9 は DNA の任意の場所で二本鎖を切断することができ、切断された DNA が修復される際に塩基の挿入、欠失、置換が起こるため、遺伝子の改変が可能となっている。

この技術を用いて遺伝子 X の機能を調べるため、マウスを使って以下の図のような遺伝子改変実験を行った。



遺伝子 X について、マウスゲノム上のエキソン 1 にある開始コドンの 3' 側に標的配列を設定し、CRISPR-Cas9 による遺伝子改変を行った。変異が導入されたマウスのゲノム DNA を抽出し、エキソン 1 と隣接する調節領域およびイントロン 1 上の配列のプライマー 1、2 を用いて PCR 法により DNA の増幅を行っ

た。増幅された遺伝子の塩基配列を調べてみると、CRISPR-Cas9 の標的部分に^(b)
1塩基の挿入がみられた。この遺伝子改変マウスは野生型と比べて顕著な表現型^(c)
を示したことから、遺伝子 X の機能喪失が起きていると考えられる。

次に、この遺伝子 X のタンパク質の機能を調べるため、タンパク質合成および精製の実験を行った。野生型マウスの細胞から [ア] を抽出し、
[イ] を用いて cDNA を合成した。さらに合成された cDNA は [ウ]
耐性遺伝子をもつベクターに組み込んだ後に^(d) [エ] に形質転換により導入した。さらに [エ] を [ウ] を含む培地中で増やした後、遺伝子 X の cDNA の発現を誘導する薬剤を加えてさらに培養した。培養後 [エ] を回収し、遺伝子 X のタンパク質を精製した。

問 1 下線部(a)のような遺伝子改変を行ったマウスの名称を答えよ。

問 2 下線部(b)について、知りたい DNA 配列を A, T, G, C の 4 種類のジデオキシリボヌクレオチドにそれぞれ違った色の蛍光色素をつけたものを用いて PCR 法により増幅させ、レーザー光により塩基配列を調べる手法の名称を答えよ。

問 3 下線部(c)について、ゲノム編集によるたった 1 塩基の挿入で遺伝子そのものの機能が喪失してしまう理由について、以下の 2 つの単語を用いて 50 字以内で説明せよ。

[翻訳], [コドン]

問 4 [ア] ~ [エ] に入る語句を、以下の語群から選べ。

ヌクレアーゼ, バクテリオファージ, ゲノム DNA, アンピシリン,
rRNA, mRNA, tRNA, 大腸菌, ミトコンドリア, 葉緑体, 制限酵素,
逆転写酵素, DNA ポリメラーゼ, RNA ポリメラーゼ, ヘリカーゼ,
インスリン, ガラクトシダーゼ

問 5 下線部(d)について、この cDNA に対して図に示したプライマー 1, 2 を用いて PCR を行ったところ、DNA の増幅はみられなかった。この原因について 50 字以内で説明せよ。

2 次の文章を読み、問1～問8に答えよ。

有性生殖では、2つの配偶子の融合により、染色体の新しい組み合わせを持つ個体作られる。これら配偶子の融合は一般に (ア) と呼ばれる。脊椎動物などでは、大型で運動性のない雌性の卵と、小型で運動性のある雄性の精子と呼ばれる配偶子が融合し、この場合の (ア) は特に受精と呼ばれる。

ヒトの卵の形成過程では、生殖細胞は胎生期に体細胞分裂をして多数の卵原細胞を卵巣内に作る。この細胞の一部は栄養分を蓄積して大型化した (イ) となり、胎生期に減数分裂に入る。ついで、排卵の直前に減数分裂の第一分裂が完了する。排卵後は、減数分裂の第二分裂の途中で停止しており、この際、精子が侵入すると第二分裂を再開する。

また、配偶子形成過程では、染色体の分離にくわえて、減数分裂の第 (ウ) 分裂時に、^(a)染色体の乗換えという物理的な現象が起こる。これは遺伝学上の組換えという現象につながり、結果、形成される配偶子の多様性をさらに生み出している。

一方、受精卵は卵割を繰り返し、やがて胚盤胞と呼ばれる内部に空間を持つ胚構造を示す。この空間を覆う細胞層を (エ) と呼び、着床すると (オ) などの胚体外組織が形成される。一方、空間内部の細胞集塊を内部細胞塊と呼び、胚そのものが形成される。また、内部細胞塊を人工的に取りだし、多分化能を維持したままの状態に樹立された細胞株は一般に、 (カ) と呼ばれる。

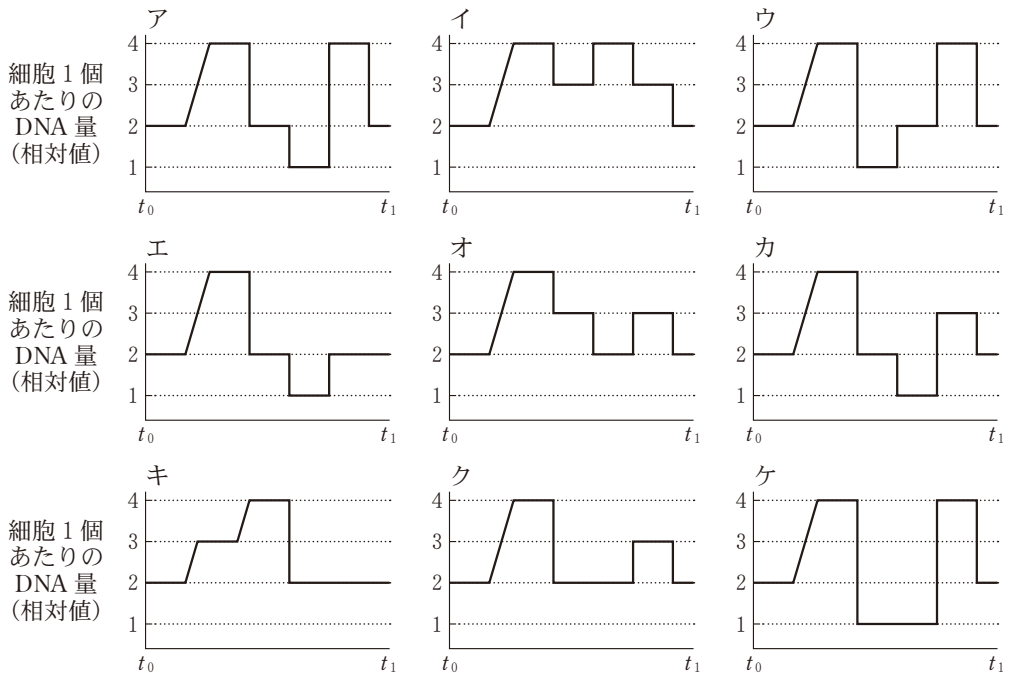
問1 (ア) ～ (カ) に当てはまる適切な語句を答えよ。

問2 下線部(a)について、 $2n = 8$ の生物の場合、つくられる配偶子における染色体の組み合わせは、何通りあるか。(A)乗換えがまったく起こらない場合、および(B)各染色体1ヶ所の特定の座位で乗換えが起こる場合をそれぞれ答えよ。

問 3 下線部(a)に関連して、マイクロサテライトは、数塩基の単位配列の反復からなり、特定の座位において個体ごとに固有の反復回数を持ち、家系解析や個人識別にしばしば利用される。いま、ある常染色体の特定のマイクロサテライト座位において、2人の兄弟の繰り返し数を解析したところ、兄が5回と15回、弟が10回のみであった。この兄弟の両親それぞれの繰り返し数の組み合わせを、例にならって答えよ。ただし、母と父の区別はしなくてよい。

例：(4回と5回)および(6回と7回)

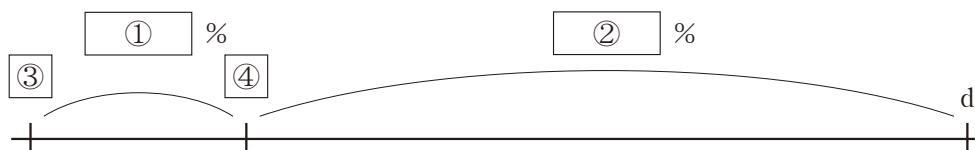
問 4 ヒトやマウスなどの哺乳類における、生殖細胞から受精卵に至る過程での細胞1個あたりのDNA量の経時変化を考えたい。(A)卵からみた場合、および(B)精子からみた場合、のそれぞれについて、適切なものを下図のア～ケから選び、記号で答えよ。ただし、 t_0 は生殖細胞が減数分裂に入る直前、 t_1 は受精後の卵割直前の時相とし、各時間軸の尺度は見やすいように調整してある。



問 5 マウスのある遺伝子 A, B, D は同一の常染色体上に位置し、遺伝子 a, b, d をそれぞれ, A, B, D の対立遺伝子とする。いま、遺伝子型 AABBDd と, aabbdd の個体を交配させ、F₁ を得た。続いて、雄 F₁ から精子を単離し、遺伝子型を判定したところ、各遺伝子型とその精子数に関し下の表が得られた。

ABD	ABd	AbD	Abd	aBD	aBd	abD	abd	総数
374	96	26	4	6	24	94	376	1,000

上記結果を用いて、下記の染色体地図(遺伝学的地図)を完成させよ。ただし、①と②には組換え価(%)が、③と④には a, b のいずれかが入る。

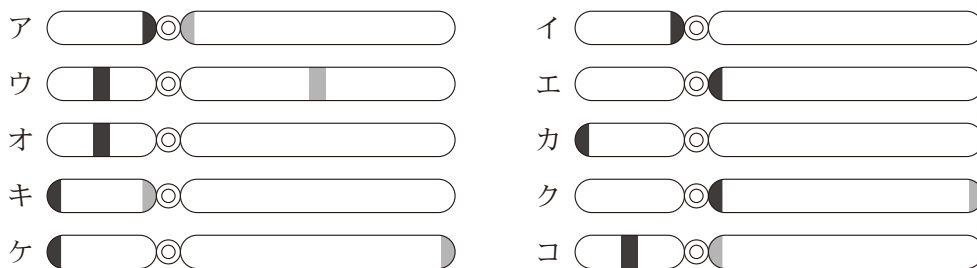


問 6 排卵誘発剤を使用して雌 F₁ 個体から多数の卵を採取し、問 5 と同様に各遺伝子型の細胞数を計測したところ、問 5 図中の①と②の和が、精子のそれの約 1.3 倍であった。卵形成と精子形成過程のどのような違いが原因と考えられるか、50 字以内で答えよ。

問 7 ヒトのダウン症候群の大部分は、生殖細胞のある段階の分裂の際に、染色体が誤って不均等に娘細胞に分配される不分離という現象が原因となり、結果、21番染色体が1本多い状態となっている。また、ダウン症候群の出生頻度は、出産時の母体年齢と正の相関があることが分かっている。それでは、この不分離の発生頻度は、どの段階の時間伸長と関連があると推定されるか、以下のア～クから最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- ア 受精卵から桑実胚に至る体細胞分裂
- イ 桑実胚から胚盤胞に至る体細胞分裂
- ウ 精原細胞の体細胞分裂
- エ 精子形成過程の減数第一分裂
- オ 精子形成過程の減数第二分裂
- カ 卵原細胞の体細胞分裂
- キ 卵形成過程の減数第一分裂
- ク 卵形成過程の減数第二分裂

問 8 ヒトの減数第一分裂では、22 対の相同染色体同士は対合するが、構造が異なる X 染色体と Y 染色体はこのときどのような挙動を示しているのだろうか。実はこれら性染色体は、偽常染色体領域 (pseudoautosomal region) という相同配列間で対合し、同部で乗換えを行うが、これら乗換えにても各々の性染色体の固有構造は保持されることが分かっている。理論上、偽常染色体領域は性染色体のどこに位置しているべきか、下図のア～コから適切なものを 2 つ選び、記号で答えよ。ただし、黒色ないし灰色部を偽常染色体領域、◎を動原体が形成される部位、白色部を各々の性染色体固有の領域とし、いずれの性染色体にも偽常染色体領域は同じパターンで位置するものとする。



3 次の文章〔A〕、〔B〕を読み、問1～問6に答えよ。

〔A〕

1920年ごろ、アメリカ農務省のGarnerとAllardはダイズの晩生品種Biloxiを、春から夏にかけて時期をずらして播種を行う栽培実験を行った。ダイズは生育期間の長短に関わらず、いずれの時期に播種した個体も9月初旬にほぼ同時に開花した。このことから、彼らは花芽の形成には日長が重要であることに気づき、〔ア〕という現象を発見した。

その後、多くの研究から〔ア〕において花芽の形成に必要なことは、日長ではなく、連続した暗期の長さであることがわかった。

暗期が一定の時間より長くなると花芽を形成する植物を〔イ〕という。一方、暗期が一定の長さより短くなると花芽を形成する植物を〔ウ〕という。花芽を形成するかしないかの境界となる暗期の長さを〔エ〕という。〔エ〕の長さは植物によって異なることが知られている。また、〔イ〕において、〔エ〕の途中で光を照射すると暗期の効果が失われ、花芽は形成されない。そのような効果をもつ光処理を〔オ〕という。有効な光処理の時間は光の強さにより変動する。

問1 本文中の〔ア〕～〔オ〕に当てはまる適切な語句を答えよ。

問2 植物のなかには、日長と関係なく花芽を形成するものも存在する。これらの植物を何というか答えよ。

問3 重陽の節句のころに開花するキクを、植える時期を変えずに、需要の多い時期の一つである年末に咲かせるためにはどうすればよいか、その方法について40字以内で答えよ。

問4 九州南部のトウモロコシ—コムギ二毛作地帯で夏の終わりに防犯上の理由で街灯が新たに設置された。その後に播種されたコムギの生育にどのような影響があるか40字以内で答えよ。

〔B〕

かつては、稲作において健全な苗を育てるために、竹竿を使って朝露を払うという技術があった。苗床でこの作業を行うことにより、苗の徒長を防ぎ、がっちりとした良い苗が育った。また、除草や防虫のため水田にアイガモを放飼する農法があるが、アイガモが泳いでいるときにイネと触れたり、株元をつつくことで、イネの草姿がずんぐり型に変化することが報告されている。これらの現象は^①ある植物ホルモンによる形態変化の例として知られている。

一方、バナナは日本で広く流通している果物であるが、多くは海外から輸入されている。生産地に生息する害虫や病気が日本に侵入するのを防ぐため、熟した果物を持ち込むことは植物検疫の観点から認められていない。そのため輸入業者は未熟で緑色のうちに房ごとバナナを収穫して日本へ輸送する。日本へ到着後に^②は室(むろ)に入れて、ある植物ホルモンによる処理を行う。その後、バナナは国内を流通して消費者へ届くことになる。

問 5 下線部①の現象に関する植物ホルモンを具体的に記し、その作用を 30 字以内で答えよ。

問 6 下線部②で処理する植物ホルモンを具体的に記し、その作用を 20 字以内で答えよ。

4 次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

生物種の進化をもたらす外的要因は環境である。個体群の中では、環境への適応度が高い個体の形質が選択されて次世代以降に受け継がれている可能性が高い。これが ① 以来の (ア) 説の考え方である。形質を決定する内的要因は遺伝子であり、その多様性を生み出す源は突然変異の蓄積や交配によるその攪拌であるから、生存や繁殖に有利な変異が選択されて遺伝しているともいえる。

20世紀後半になると、こうした考え方では説明ができない突然変異が、DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列などの分子レベルでは存在することが次第に分かってきた。そこで ② は、分子レベルでの変異は (ア) に対して有利でも不利でもないものが大部分であること、こうした変異の個体群内での動態は偶然による選択、つまり (イ) の影響を受けることを含む (ウ) 説を提唱した。これに影響を与えたのが分子時計という考え方である。(ウ) 説も分子時計も、分子生物学の発展などに伴い検証が加えられてきた。

もし、新しく生じた変異が生存や生殖に有利であれば (ア) により、異性による選り好みで有利であれば (エ) により、個体群の次世代以降に引き継がれる。変異が不利であれば排除される。有利でも不利でもない、つまり (ウ) な変異の場合は (イ) の結果として引き継がれたり排除されたりする。多くの場合、生じる変異はこの (ウ) なものが多いとされる。(ウ) な変異が個体群中にある程度固定されて遺伝的多様性が高まり、環境が変動した際にはそれに適した個体が次世代を多く残し、結果的にその環境に適応する、すなわち進化の原動力になると考えられる。

個体群が大幅に小さくなる場合を考えると、(オ) 効果により (イ) の影響が大きくなり、遺伝的多様性が低下しやすくなる。残った個体群の遺伝子構成は元の群のそれと大きく異なる場合があり、進化を加速させる可能性が考えられる。一方で、環境の変化や病原体に対して適応的な形質をもつ個体を生じる可能性が低下し、個体群が更に小さくなる (カ) の渦と呼ばれる現象に陥る可能性も考えられる。

このように (ア) 説と (ウ) 説は、互いに生物種の進化についての考え方を補完するものであるといえる。

問 1 ~ に当てはまる適切な語句を答えよ。

問 2 , に当てはまる適切な人名を答えよ。

問 3 下線部(a)は、「一般に、DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列には、時間が経つにつれ変異が蓄積される」という考え方である。これに関連して以下の文章を読み、(1)~(4)に答えよ。

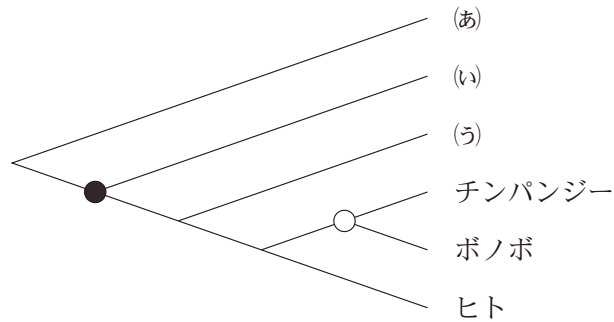
次の表は、ある酵素タンパク質 A を指定する DNA の塩基配列の開始コドンから終始コドンまでを 6 種類の生物で比較して、異なっていた塩基の数を示したものである。比較に用いた配列の長さはいずれも 792 塩基とする。6 種類の生物において、

- ・酵素タンパク質 A は同じ働きをもつ
- ・塩基に変異が生じる速度は一定である
- ・一度変異した塩基がさらに変異することはない

として分子系統樹を描くと次ページの図のようになる。ただし、表に示した塩基の数は、分子系統樹の枝の長さには反映されていない。

表

	生物種 P	ヒ ト	生物種 Q	チンパンジー	生物種 R
生物種 P	—	—	—	—	—
ヒ ト	93	—	—	—	—
生物種 Q	181	175	—	—	—
チンパンジー	95	7	173	—	—
生物種 R	136	132	196	130	—
ボノボ	95	7	172	2	130



図

- (1) 表中に P~R の記号で示した生物種は図中の(あ)~(う)のどの枝に位置するか、それぞれ記号で答えよ。ただし、同じ記号を 2 か所以上に記入してはならない。
- (2) 図において、(い)に当てはまる生物種と、ヒトに至る祖先種とが、それらの共通祖先である●から分かれたのは、化石記録をもとに 7500 万年前とする。この場合、○で示したチンパンジーとボノボの共通祖先からそれぞれが分かれたのは何万年前と推定されるか答えよ。必要な場合は千の位以下を四捨五入し、解答欄の単位に合わせて整数で答えよ。
- (3) 遺伝子の進化速度を、1 年間に DNA の塩基配列中のある 1 か所に変異による置換が生じる頻度(塩基/年)と定義する。ヒトと●との関係から、酵素タンパク質 A 遺伝子の進化速度を求めよ。解答は有効数字 3 桁の指数表記(例えば 3.14×10^{-3})で記入せよ。
- (4) 酵素タンパク質 A 遺伝子の偽遺伝子(元の遺伝子から重複によって生じたと考えられるが、実際には機能していないもの)が別の染色体上にあるとする。問題本文中の (ウ) 説に基づくと、この偽遺伝子の進化速度は、元の遺伝子のそれと比べてどうなると予想されるか。簡潔に答えよ。

5 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

個体群を構成する個体の数の変動を個体群動態と呼ぶ。環境が一定で個体がある一定の割合で子供を生み、死亡率も一定である場合、個体数は指数関数的に増加する。一方で増加率が個体数に従って変化し、個体数の増加に伴い (ア) する場合、個体数は (イ) と呼ばれるある一定の数に漸近する。

二種の個体群が互いに同じ資源を利用する場合、 (ウ) が起きる。その結果として片方の種が著しく個体数を減少させることを (ウ) 的 (エ) と呼ぶ。

食う食われるの関係にある二種の個体群が同じ場所に生息している場合、互いに自種の個体数が他種の個体数の増加率に影響する。両者が共存する場合、二種の個体群動態の間に (オ) があるため、個体群動態に振動が生じる。というのも、 (オ) が存在する場合、被食者の個体数が増減した結果、捕食者が増減するには、捕食者側の生活史に応じた間隔が開くためである。

こういった個体群動態を考える上で適応度の概念は重要である。適応度とはある個体とその生涯で生んだ子供のうち、次世代の繁殖年齢まで生き残った個体数で定義できる。

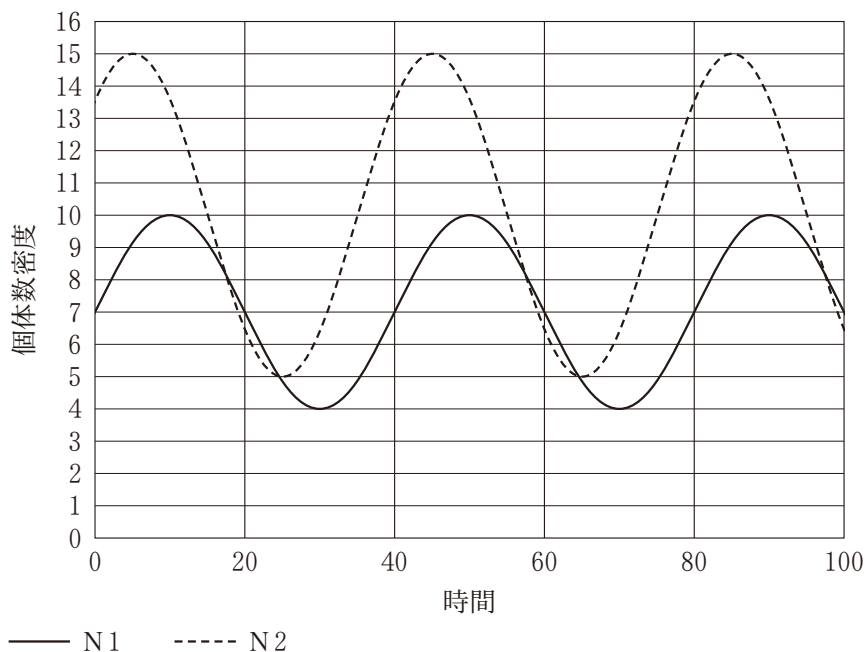
問1 (ア) ～ (オ) に当てはまる適切な語句を答えよ。

問2 一般に (ウ) が強くなるのはどのような時か。各生物が生態系で占める位置に注目して20字以内で説明せよ。

問3 いま、1個の大腸菌があり、制約がなければ1分間で a 倍($a > 0$)に増えるとする。次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 制約がない場合、5分後に243個に増えるとする。この場合の a の値を答えよ。
- (2) (1)の増加率で最初の個体数が a の場合、何分後に243個体となるか答えよ。
- (3) (1)の増加率で大腸菌の数が10,000個を超えるのは何分後か答えよ。

問 4 食う食われる関係にある種 1 と種 2 の個体群動態が下図であったとする。
 なお、 N_1 、 N_2 はそれぞれの種の個体数密度とする。次の(1)、(2)に答えよ。



- (1) 種 1 と種 2 のどちらが被食者と考えられるか。また、その理由を 30 字以内で説明せよ。
- (2) 個体数密度変動の図に基づき、 N_1 を横軸、 N_2 を縦軸として図示し、時間経過の進行方向を矢印で加えよ。

問 5 次の(1), (2)に答えよ。

- (1) 性比がオス：メス = $p : 1-p$ とする。成熟するまでの生存率がオス・メスで変わらず、無作為に交配する場合、オスはメスの何倍の適応度を持つと考えられるか答えよ。
- (2) ロナルド・フィッシャーは子を育てるコストや生存率がオス・メスで同じ場合、十分な時間が経つと $p = (1-p)$ の状態になるとした。以下の文章は $p \neq (1-p)$ の状態から $p = (1-p)$ の状態に変動する過程を説明するものである。 ~ に当てはまる適切な語句を、それぞれの選択肢から選び、丸をつけよ。
1. オスがメスより少ない集団を仮定する。
 2. その際、平均的にオスが得られる配偶者の数はメスより , 得られる子供の数は なる。
 3. そのため次世代に占めるオス 1 個体由来の遺伝子の割合はメス 1 個体由来の遺伝子の割合よりも平均的に なる。
 4. もしも、オスの中にメスよりも遺伝的にオスをより多く生む遺伝子を持つ個体が存在する場合、この遺伝子を持たない個体の遺伝子よりも集団内に占める遺伝子の割合は なる。
 5. したがって、オスを生みやすい遺伝子は集団内に広がりオスの割合は なる。
 6. $p = (1-p)$ の状態に近づくとオスの繁殖における優位性は 。
 7. 以上のことはオスをメスと読み替えても成り立つため、 $p = (1-p)$ に近づく。