

令和5年度入学試験問題（前期日程）

理 科

物 理	1 ページから	9 ページまで
化 学	10 ページから	16 ページまで
生 物	17 ページから	24 ページまで
地 学	25 ページから	31 ページまで

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄(1 か所または2 か所)に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。
3. 解答時間は、100 分である。

物 理

1 以下の文章中の ① ～ ②⑩ に最も適切な数値、数式、または選択肢の記号を記入せよ。(40 点)

問1 天井から長さ a の軽い糸で質量 m の小球をつり下げ、鉛直線と糸のなす角度が 60° になるまで糸がたるまないように小球を持ち上げた。ただし、重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるものとする。

(1) 小球を静かに放して、鉛直面内で振動させる。小球が最下点を通過するときの糸の張力の大きさは $S =$ ① である。

(2) 次に、小球を鉛直線から 60° の角度を保ったまま、水平面上を等速円運動させると、小球の速さは v になった。このとき、周期は速さ v を用いて表すと $T =$ ② となる。

(3) 水平面上を等速円運動している小球について、半周移動する間に重力がする仕事は $W =$ ③ である。

問2 図1—Iのように、水平な地面に固定した高さ L の台の上に、なめらかなレールが固定されている。質量 m の小球が、はじめに台の上から高さ h の位置 A に止まっているとする。その後、レールの上で小球を静かにすべらせると、位置 B で水平に飛び出し、位置 C で地面と衝突した。位置 B から位置 C までの水平距離は $d =$ ④ である。ただし、重力加速度の大きさを g とし、小球とレールとの間の摩擦、および小球にかかる空気抵抗は無視できるものとする。

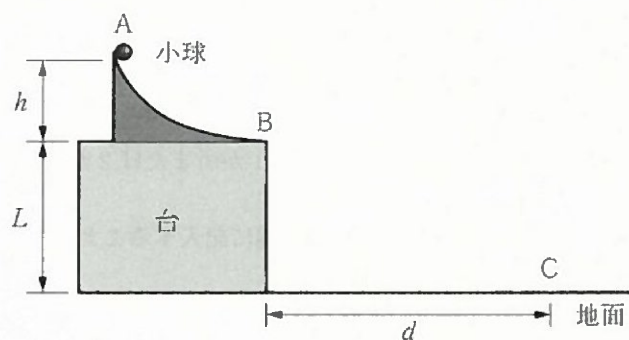


図1—I

問3 図1—IIのように、ロープでつった板の上に人が乗り、ロープには2つの滑車を取り付けられている。人が板から離れないように定滑車にかけたロープの一端を人が引っ張って、板は地面から離れて水平に静止しているとする。動滑車と板の質量をどちらも M とし、人の質量を $7M$ とすると、人がロープを引く力の大きさは $T =$ ⑤ であり、人が板から受ける垂直抗力の大きさは $N =$ ⑥ となる。ただし、ロープの質量および2つの滑車とロープとの間の摩擦は無視でき、また、滑車にかかっているロープは滑車に接している部分を除きすべて鉛直になっているものとする。重力加速度の大きさを g とする。



図1—II

問4 1 mol の単原子分子理想気体をピストンのついたシリンダーに閉じ込めて、図1—Ⅲのように、気体の圧力や体積を $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ のサイクルでゆくりと変化させた。状態 A の絶対温度と圧力をそれぞれ T_0 、 P_0 として、図1—Ⅲにこの1サイクルでのそれぞれの状態における気体の圧力 P と絶対温度 T を示す。ただし、 $A \rightarrow B$ と $C \rightarrow D$ は定積変化、 $B \rightarrow C$ と $D \rightarrow A$ は定圧変化であり、気体定数を R とする。

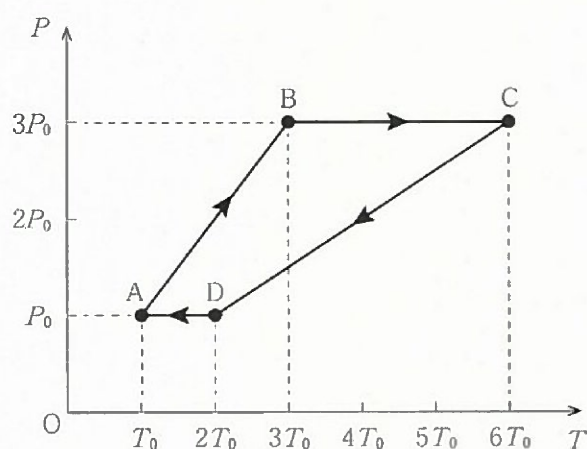


図1—Ⅲ

- (1) $A \rightarrow B \rightarrow C$ の変化で気体が吸収した熱量は ⑦ である。
- (2) $C \rightarrow D \rightarrow A$ の変化で気体が放出した熱量は ⑧ である。
- (3) 1 サイクルで気体が外部にした仕事は ⑨ である。
- (4) このサイクルの熱効率 は ⑩ となる。

問5 片側が閉じたシリンダーに単原子分子理想気体を入れ、なめらかに動くピストンで封じ込めた。最初、シリンダー内の体積は V_1 、絶対温度は T_1 であった。その後、外部との熱の出入りがないようにしながらピストンをゆくり押し込み、体積を V_2 にした。そのときの気体の絶対温度は V_1 、 V_2 、 T_1 を用いて $T_2 =$ ⑪ と表せる。

問6 図1—Ⅳのように、底にコックのついた筒状の容器が水で満たされていて、その上部は開いている。その容器の上に振動数 f のおんさを設置した。下のコックをわずかに開けると水面がゆくり下がった。おんさを鳴らすと、容器の底からの水面の距離が L_0 のとき、1 度目の共鳴が起こった。2 度目の共鳴が起こるのは、容器の底から水面までの距離が $L_1 =$ ⑫ になったときである。ただし、このときの音速を v とする。

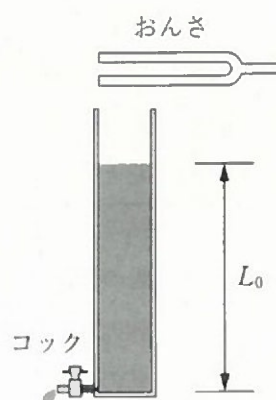


図1—Ⅳ

問7 図1—Vのように、空気中に置いた絶対屈折率 n の円柱状のガラス上面の中心にある点 A から単色光を入射した。点 A での入射角を α にしたところ、単色光はガラスの側面の点 B において屈折角が 90° で進んだ。このとき、入射角 α とガラスの絶対屈折率 n との間に成り立つ関係式は ⑬ である。ただし、空気の絶対屈折率を 1 とし、反射光は無視する。

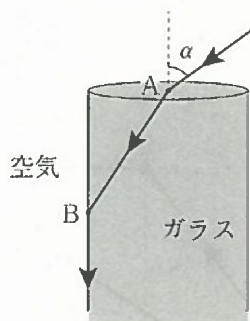


図1—V

問8 図1—VIのように、座標 $(0, a)$ に電気量 $+q$ 、座標 $(0, -a)$ に電気量 $-q$ の点電荷をそれぞれ置いた。ただし、 $a > 0$ 、 $q > 0$ とし、クーロンの法則の比例定数を k とする。

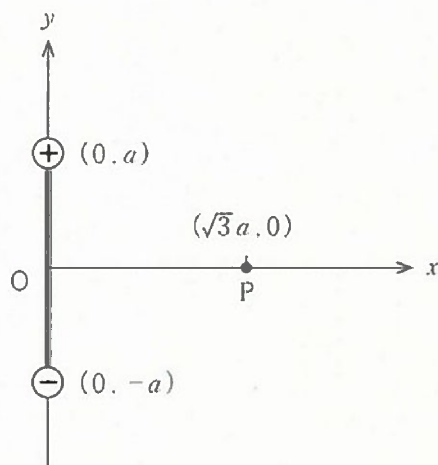


図1—VI

(1) 座標 $(\sqrt{3}a, 0)$ の点 P での電場(電界)の強さは ⑭ で、向きは

- (ア) x 軸の正の向き

(イ) x 軸の負の向き

⑮ (ウ) y 軸の正の向き

(エ) y 軸の負の向き
- である。

(2) 点電荷の間の距離を変えないように、2つの点電荷を軽く細い絶縁体棒で連結する。この絶縁体棒は、自由に動けるものとする。 x 軸の正の向きに強さ E の一様な電場を加えたとき、この絶縁体棒にはたらく偶力のモーメントの大きさは

⑯ である。また、絶縁体棒の中心は

- (ア) x 軸の正の向きに移動する。

(イ) x 軸の負の向きに移動する

⑰ (ウ) y 軸の正の向きに移動する

(エ) y 軸の負の向きに移動する

(オ) 移動しない

問9 図1—Ⅶ(a)のように、陰極から初速度0で放出された電子が加速電圧 V で加速され、ある物質でできた陽極に衝突して、X線が発生した。そのときのX線の強度と波長の関係を模式的に表したグラフを図1—Ⅶ(b)に示す。ここで、電子の質量を m 、真空中の光速を c 、プランク定数を h 、電気素量を e とする。

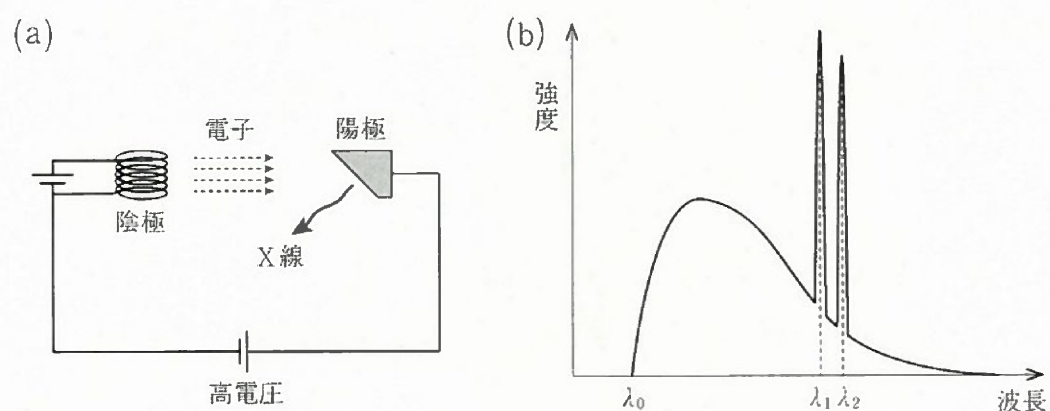


図1—Ⅶ

- (1) 電子は粒子としても振る舞うが、波としての性質も持つ。陽極に衝突する直前の電子の波(電子波)の波長は、 $\lambda_e =$ ⑬ である。
- (2) 電子が陽極に衝突して発生するX線の最短波長を、加速電圧 V を用いて表すと $\lambda_0 =$ ⑭ である。
- (3) 図1—Ⅶ(b)より、 λ_1 、 λ_2 の波長を持つ強い強度のX線が放出されることが分かる。これらのX線について、加速電圧を増加させると、

- (ア) λ_1 と λ_2 はともに変化しない。

(イ) λ_1 と λ_2 はともに短くなる

⑯ (ウ) λ_1 と λ_2 はともに長くなる

(エ) λ_1 は短くなり、 λ_2 は長くなる

(オ) λ_1 は長くなり、 λ_2 は短くなる

2 以下の各問に答えよ。(30 点)

図 2—I のように、ばね定数 k の軽いばねが固定された台と、質量 M の台車が、なめらかな水平面上に置かれている。台は水平面上にブロックで固定されており、その上面は水平でなめらかである。台の上面には、ばねと質量 m の小物体 A と質量 $2m$ の小物体 B が一直線上に配置されており、これらの運動はこの直線上に限られ、台車はこの直線と平行に運動するものとする。なお、速度は図の右向きを正とする。

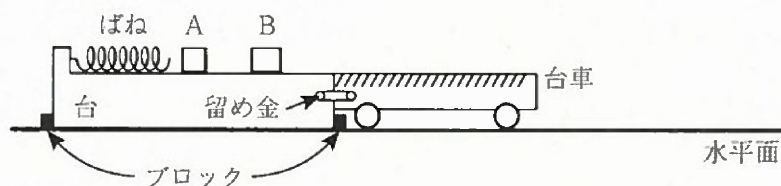


図 2—I

A をばねに押しつけ、ばねを自然の長さから x だけ縮めて静かに手を放したところ、A は右向きに運動をはじめ、ばねが自然の長さに戻ったところでばねから離れた。A は速度 v で B に向かって進み、A と B は衝突した。A と B の間の反発係数を $\frac{1}{2}$ とする。その後、B は台車に向かって進んだ。台と台車の上面は同じ高さで、B は台から台車になめらかに乗り移る。台車の上面は粗く常に水平であり、B との間の動摩擦係数は μ' とする。

最初の実験では台と台車を留め金で連結することで、台車は運動しないように固定してある。B は台車の上面をすべり、最終的に台車上で静止した。重力加速度の大きさを g とし、A、B の大きさ、ならびに、空気抵抗は無視できるものとする。

問 1 ばねを x だけ縮ませるために要する仕事を求めよ。

問 2 A が B と衝突する直前の A の速度 v を k 、 m 、 x を用いて表せ。

問 3 A と B の衝突直後における B の速度 v_B を v を用いて表せ。

問 4 A と B の衝突によって失われる力学的エネルギーを v 、 m を用いて表せ。

問 5 B が台車に乗り移ってから静止するまでの距離を v_B 、 m 、 μ' 、 g のうちから必要なものを用いて表せ。

次に図2—IIのように、台と台車の間の留め金を外して、同様の実験を行った。小物体Bが台車に速度 v_B でなめらかに乗り移ると、台車は水平面上をなめらかに右向きに動き出した。Bは台車の上面をすべりながら徐々に速度を失い、最終的に台車とBは一体となって水平面を右向きに速度 V で運動した。台車の空気抵抗は無視できるものとする。

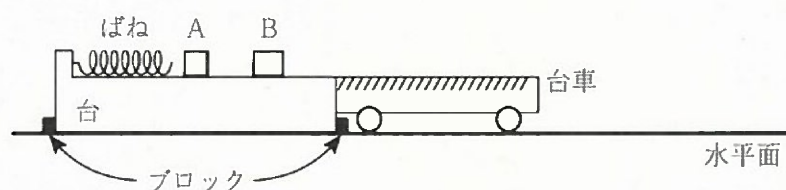


図2—II

問6 速度 V を v_B , m , M を用いて表せ。

問7 台車が動き出してから速度 V になるまでに失われた力学的エネルギーを v_B , m , M を用いて表せ。

問8 台車が動き出してからBが台車に対してすべった距離を v_B , m , M , μ' , g のうちから必要なものを用いて表せ。

問9 台車が動き出してから速度 V になるまでの時間を V , m , M , μ' , g のうちから必要なものを用いて表せ。

3 以下のA，Bの各問に答えよ。(30点)

A 図3—Iのように，12 Vの電池， $2.0\ \Omega$ ， $3.0\ \Omega$ ， $4.0\ \Omega$ ， $6.0\ \Omega$ の抵抗，抵抗値を自由に変えられる可変抵抗 R_C で構成された回路がある。配線の抵抗および電池の内部抵抗は無視できるものとする。はじめに， R_C の抵抗値を $0\ \Omega$ にした。

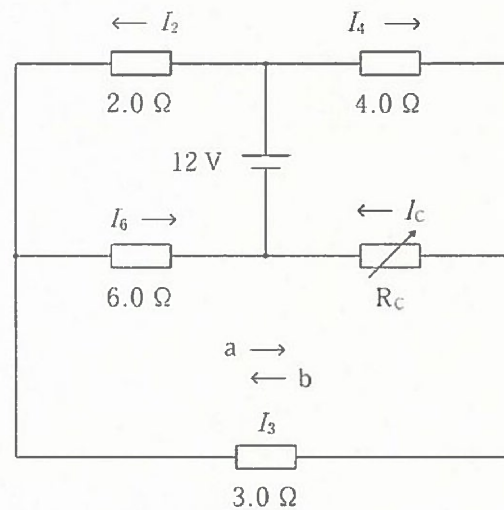


図3—I

問1 $4.0\ \Omega$ の抵抗に流れる電流 I_4 の大きさを求めよ。

問2 $2.0\ \Omega$ ， $4.0\ \Omega$ ， $6.0\ \Omega$ の抵抗と R_C に流れる電流をそれぞれ I_2 ， I_4 ， I_6 ， I_C としたとき，電流 I_C を I_2 ， I_4 ， I_6 を用いて表せ。
ただし，図3—Iで各抵抗に示した矢印の向きを電流の正の向きとする。

問3 $3.0\ \Omega$ の抵抗に流れる電流 I_3 の向きを図3—Iの中のaまたはbから選び，その記号で答えよ。また，電流 I_3 の大きさを求めよ。

問4 次に R_C の抵抗値を大きくしていくと，ある抵抗値 R で $3.0\ \Omega$ の抵抗に電流が流れなくなった。この抵抗値 R を求めよ。

B 図3—IIのように2本の十分に長いレールを間隔 l あけて、鉛直に固定する。この2本のレールに対し垂直に長さ l 、質量 m の導体棒を取り付ける。導体棒の両端はレールから離れることなく、レールに接したまま上下になめらかに動くことができる。2本のレールの端には、抵抗値 R の抵抗、起電力 V の電池、スイッチ S が接続されている。磁束密度の大きさが B の一様な磁場(磁界)が、2本のレールを含む平面と垂直に、平面の裏から表の向きにレールの間を貫いている。装置は周囲の物質の影響を受けないものとし、レールと導線の電気抵抗、レールと導体棒の接触抵抗、および電池の内部抵抗は無視できるものとする。また、重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるものとする。

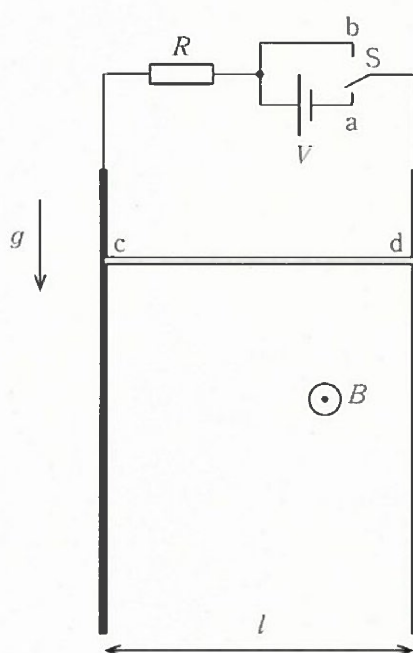


図3—II

導体棒の位置を固定し、スイッチ S を端子 a に接続する。

問5 以下の(ア)～(エ)の選択肢の中から正しいものを1つ選び、その記号で答えよ。ただし、導体棒は一般的な材質の金属でできているものとし、その断面積は一定であるものとする。

- (ア) 導体棒の中を移動する個々の自由電子の速度の向きは、常に一定である。
- (イ) 導体棒の中を自由電子が全体として移動する向きは、導体棒を流れる電流の向きと同じである。
- (ウ) 導体棒を断面積が2倍のものに取りかえて、同じ大きさの電流を流すと、その導体棒の中を移動する自由電子の平均の速さは、取りかえる前の導体棒の中での平均の速さの $\frac{1}{2}$ になる。
- (エ) 導体棒の中の自由電子は、一定の強さの電場(電界)から力を受けることで、その平均の速さは増加し続ける。

以下では、導体棒の電気抵抗も無視できるものとする。

問6 導体棒に流れる電流が磁場から受ける力の大きさ F を求めよ。また、この力のはたらく向きを以下の(ア)～(カ)の選択肢の中から1つ選び、その記号で答えよ。

- (ア) 鉛直上向き (イ) 鉛直下向き (ウ) 右向き (エ) 左向き
- (オ) 平面(紙面)の裏から表の向き (カ) 平面(紙面)の表から裏の向き

次に、スイッチ S を端子 b に接続し、導体棒を自由に落下させたところ、最終的に一定の速さ v で落下した。

問7 導体棒の両端 c と d の間に生じる誘導起電力の大きさを v を用いて表せ。また、この導体棒を電池とみなしたとき、正極となる端を c または d から選び、その記号で答えよ。

問8 導体棒の速さ v を求めよ。

問9 導体棒と抵抗からなる回路には一定の電流が流れる。この電流により単位時間あたりに発生するジュール熱を g を用いて表せ。

化 学

必要があれば、原子量は次の値を用いなさい。

H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.0, Fe = 56.0

1 次の反応①～④について、以下の各問に答えなさい。(17点)



これらすべての反応物と生成物は理想気体とする。反応①、②、③の反応熱(kJ)をそれぞれ Q_1 、 Q_2 、 Q_3 とする。また反応①、②、③、④が同じ温度で平衡状態に達したときの濃度平衡定数をそれぞれ K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 とする。

問1 窒素 0.20 mol と水素 0.60 mol と触媒を体積 1.0 L の密閉容器に入れ、反応①を開始させた。反応開始直後、10 秒間の窒素の平均の反応速度は、 $0.010 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ であった。その 10 秒間に減少した水素の物質質量(mol)を答えなさい。ただし、有効数字は2桁とし、3桁目を四捨五入して答えなさい。

問2 反応①が平衡状態に達したとき、濃度平衡定数 K_1 を、 K_2 、 K_3 、 K_4 を使って答えなさい。

問3 圧平衡定数は、濃度平衡定数で使われる濃度の代わりに、気体の分圧を使って計算された平衡定数である。反応④が平衡状態に達したとき、圧平衡定数を、濃度平衡定数 K_4 、平衡状態の温度 T 、および気体定数 R を使って表しなさい。

問4 体積 1.0 L の密閉容器に窒素 1.0 mol と酸素 1.0 mol を入れ、反応②が進行して平衡状態に達したときの一酸化窒素の濃度(mol/L)を答えなさい。ただし、濃度平衡定数 K_2 は、 4.0×10^{-4} とする。また、有効数字は2桁とし、3桁目を四捨五入して答えなさい。

問5 O=O 結合の結合エネルギーを 498 kJ/mol 、H-H 結合の結合エネルギーを 436 kJ/mol 、O-H 結合の結合エネルギーを 463.5 kJ/mol とするとき、反応③で水 1 mol を生成するときの反応熱(kJ)を答えなさい。ただし、有効数字は3桁とし、4桁目を四捨五入して答えなさい。

問6 アンモニアの燃焼熱(kJ/mol)を Q_1 、 Q_2 、 Q_3 を使って表しなさい。

問7 密閉容器内で反応④が平衡状態に達したのち、以下(ア)～(エ)の操作をそれぞれ行った場合、平衡状態はどの方向に移動するか、右または左でそれぞれ答えなさい。ただし、反応④は発熱反応である。

- (ア) 密閉容器内に一酸化窒素を加える。
- (イ) 密閉容器内のアンモニアを取り除く。
- (ウ) 密閉容器内の圧力を上げる。
- (エ) 密閉容器内の温度を上げる。

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(16点)

中和滴定により酢酸水溶液中に含まれる電離前の酢酸の濃度を決定し、さらに水溶液の pH を測定することで、酢酸の電離度 α と電離定数 K_a を求める一連の実験を行った。

シュウ酸二水和物 0.63 g をビーカーに取り、純水を約 50 mL 加えて溶かし、100 mL のメスフラスコへ移した。用いたビーカーを少量の純水で何度か洗い、この液もメスフラスコ内に移した。メスフラスコの標線まで純水を加え、栓をしてよく振り混ぜ、シュウ酸水溶液を作成した。この溶液 10 mL をホールピペットを用いてコニカルビーカーに入れた。これに指示薬を 1, 2
(a) (b)
滴加え、ビュレットに入った水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、 x mL で過不足なく反応した。

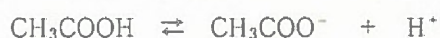
次に、この濃度を決定した 水酸化ナトリウム水溶液を使って、濃度未知の酢酸水溶液 10 mL を滴定したところ、 y mL で過不足なく反応した。
(c)
なお、濃度未知の酢酸水溶液の pH は 25℃で 3.0 であった。

問1 下線部(a)について、水溶液に含まれるシュウ酸(COOH)₂のモル濃度(mol/L)を答えなさい。ただし、有効数字は2桁とし、3桁目を四捨五入して答えなさい。

問2 下線部(b)について、以下の(1)～(3)の各問いに答えなさい。

- (1) シュウ酸と水酸化ナトリウムが反応したときの化学反応式を答えなさい。ただし、シュウ酸の化学式は示性式で答えなさい。
- (2) 水酸化ナトリウムのモル濃度(mol/L)を x を使った式で答えなさい。
- (3) この反応で中和点を知るために使うことのできる指示薬を一つ答えなさい。

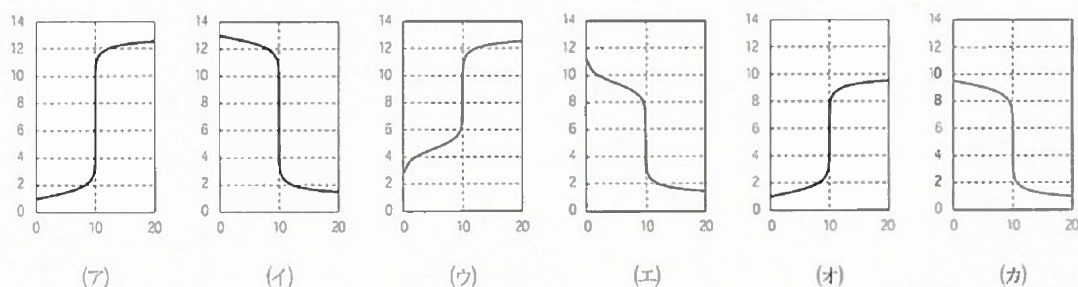
問3 酢酸が次のように電離するとき、以下の(1)、(2)の各問いに答えなさい。



- (1) 25℃における酢酸の電離度 α を x と y を使った式で答えなさい。
- (2) $x = 12$, $y = 4.8$ のとき、25℃における酢酸の電離定数 K_a [mol/L] を答えなさい。ただし、 $1 - \alpha$ は 1 と近似できるものとして、有効数字は2桁とし、3桁目を四捨五入して答えなさい。

問4 ホールピペット、コニカルビーカー、ビュレットのうち、純水で洗浄したあと、濡れたまま実験に使用できるガラス器具を一つ選び、その理由を30字程度で答えなさい。

問5 下線部(c)について、水酸化ナトリウム水溶液の濃度が 0.1 mol/L、酢酸水溶液の濃度が 0.1 mol/L のとき、滴定曲線として最もふさわしいものを次の(ア)～(カ)の中から一つ選び記号で答えなさい。ただし、滴定曲線の横軸は水酸化ナトリウム水溶液の滴下量(mL)、縦軸は 25℃のときの pH とする。



3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(17点)

有機化合物 A～G は、グルコース、フルクトース、スクロース、トレハロース、マルトース、アスパルテーム、グルタチオンのいずれかである。なお、アスパルテームはジペプチドをもとに合成した人工甘味料であり、一方のアミノ酸がエステル化された構造をもつ。また、グルタチオンは異なる3つのアミノ酸から成り抗酸化作用を示すトリペプチドである。これらの化合物に対して、次の実験1～6を行った。

実験1 A～Gのそれぞれにニンヒドリン水溶液を加えて加熱したところ、AとDの水溶液が赤紫色に変化した。

実験2 A～Gのそれぞれに青色のフェーリング液を加えて加熱したところ、B、C、DおよびEの水溶液で 1 色沈殿を生じた。

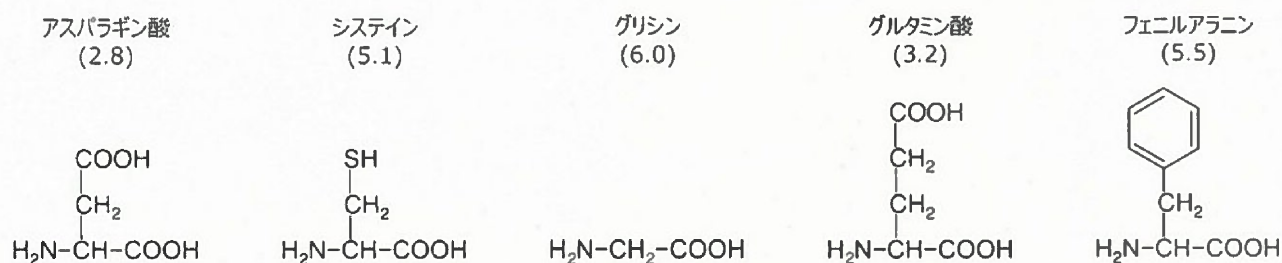
実験3 A～Gのそれぞれに水酸化ナトリウム水溶液を加えた後に青色の硫酸銅(Ⅱ)の水溶液を少量加えたところ、Dの水溶液が 2 色になった。

実験4 A～Gのそれぞれに濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後に無色の酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えたところ、Dの水溶液で 3 色沈殿を生じた。

実験5 アミロースをある酵素で加水分解するとEが得られた。

実験6 E、Fをそれぞれ希硫酸で加水分解すると、Cのみが得られた。同じようにGを希硫酸で加水分解すると、BとCが得られた。

なお、アスパルテームに含まれる2種類のアミノ酸とグルタチオンに含まれる3種類のアミノ酸は、図Ⅰに示す5種類のアミノ酸のうちのいずれかであり、重複はない。図Ⅰの括弧内の数字は、それぞれのアミノ酸の等電点を示す。

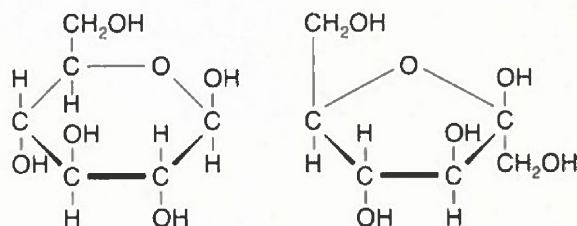


図Ⅰ 化合物 A～G のいずれかに含まれるアミノ酸の等電点と構造式

問1 文中の 1 ～ 3 に当てはまる色を、それぞれ答えなさい。

問2 化合物Eを完全燃焼したところ、0.396 gの水が得られた。その完全燃焼の際に放出された二酸化炭素の質量を求めなさい。ただし、有効数字は3桁とし、4桁目を四捨五入して答えなさい。

問3 化合物FとGの構造式を、それぞれ図Ⅱの例にならって書きなさい。



図Ⅱ β-グルコース(左)とβ-フルクトース(右)の構造式

問4 化合物 A をある酵素で加水分解すると、アスパラギン酸とエステル H が得られた。次に、エステル H を水と少量の酸を加えて加熱して加水分解すると、メタノールとアミノ酸 I が得られた。アミノ酸 I の分子量は 165 で、窒素の含有率(質量百分率)は 8.5 % であった。エステル H の構造式を図 I にならって書き、不斉炭素原子の右肩に「*」を付けなさい。

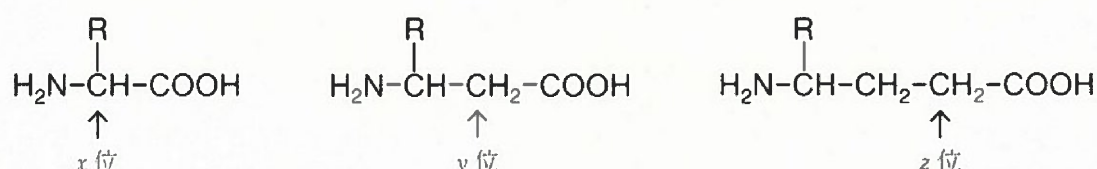
問5 化合物 D をある酵素で加水分解したところ、不斉炭素原子を持たないアミノ酸 J とジペプチド K が得られた。K に濃塩酸を加えて加熱して加水分解したところ、アミノ酸 L と M が得られた。以下の(1)、(2)の各問いに答えなさい。

- (1) アミノ酸 J の陽イオン(J^+)、双性イオン($J^\pm$)、陰イオン(J^-)、および水素イオン(H^+)の濃度をそれぞれ $[J^+]$ 、 $[J^\pm]$ 、 $[J^-]$ 、 $[H^+]$ とおくと、等電点では $[J^+] = [J^-]$ が成り立つ。また、アミノ酸 J の第一電離、第二電離の電離定数をそれぞれ K_1 、 K_2 とおくと、次のように書くことができる。

$$K_1 = \frac{[J^\pm][H^+]}{[J^+]} \quad K_2 = \frac{[J^-][H^+]}{[J^\pm]}$$

$K_1 = 4.57 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ である場合、 $K_2 [\text{mol/L}]$ はいくらになるか求めなさい。ただし、有効数字は 2 桁とし、3 桁目を四捨五入して答えなさい。

- (2) 図Ⅲのように、アミノ酸のカルボキシ基 $-\text{COOH}$ が結合している炭素原子の位置を、アミノ基 $-\text{NH}_2$ が結合している炭素原子を起点に、 x 位、 y 位、 z 位とする。ジペプチド K はアミノ酸 L の z 位の炭素原子に結合したカルボキシ基とアミノ酸 M のアミノ基が縮合した構造をもっている。ジペプチド K の構造式を図 I にならって書きなさい。



図Ⅲ アミノ酸のカルボキシ基が結合している炭素原子の位置

R は炭素原子または酸素原子を含む原子団、または水素原子を表す

問6 水溶液中のペプチドのカルボキシ基とアミノ基は、それぞれ電離平衡の状態にあり、中性付近の pH (たとえば $\text{pH} = 6.0$) ではカルボキシ基は、 $-\text{COO}^-$ として、アミノ基は、 $-\text{NH}_3^+$ として存在するものとする。以下の(1)、(2)の各問いに答えなさい。

- (1) 化合物 A ～ G をそれぞれ $\text{pH} = 6.0$ で電気泳動すると 1 つだけが陽極方向に移動した。その化合物の記号と名称を答えなさい。

- (2) (1)でそう考えた理由を、50 字程度で説明しなさい。

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(16点)

原子の構造は、中心に原子核があり、そのまわりにいくつかの電子が存在する。原子の直径はおよそ m であり、原子核の直径はおよそ m である。ほとんどの原子核は陽子と中性子で構成される。質量数 1 の水素原子の原子核だけは中性子を含まない。中性子は電荷をもたず、陽子と電子はそれぞれ正と負の電荷をもつ。陽子 1 個がもつ電荷と電子 1 個がもつ電荷の絶対値は等しい。^(a)原子全体では電氣的に中性である。

原子がもつ陽子の数を原子番号といい、陽子と中性子の数の和を質量数という。陽子の数が同じで中性子の数が異なる原子どうしを互いに同位体という。同位体どうしの化学的性質はほぼ同じである。同位体の中には、原子核が不安定で、放射線を放って別の原子核に変わるものがあり、そのような同位体を という。 の原子核が放射線を放つ性質を という。

原子を構成している電子は、電子殻とよばれる層に分かれて存在している。電子殻は、原子核に近い順に K 殻、L 殻、M 殻、・・・とよばれる。各電子殻に属する電子の数には限度があり、原子中の電子殻への電子の入り方を電子配置とよぶ。原子中で、最も外側の電子殻にある電子を最外殻電子といい、この電子はイオンの生成や化学結合の形成に重要な役割を果たすことが多く、このような最外殻電子を という。

問 1 と に入る最も適切な数値を、次の(ア)～(オ)の選択肢の中からそれぞれ 1 つ選び、記号で答えなさい。

(ア) $10^{-15} \sim 10^{-14}$ (イ) 10^{-10} (ウ) 10^{-3} (エ) $10^{-2} \sim 10^{-1}$ (オ) 10^2

問 2 ～ に入る最も適切な語句を答えなさい。

問 3 次の元素の原子のうち最外殻電子を 2 つ持つものを、次の(ア)～(ク)の選択肢の中からすべて選び、記号で答えなさい。

(ア) Li (イ) Be (ウ) B (エ) O (オ) Ne (カ) Na (キ) Mg (ク) Al

問 4 周期表の 1 族元素で原子番号 20 までの元素のうち、原子半径が最も大きなものを元素記号で答えなさい。

問 5 1 価の陰イオンになりやすい元素の原子のうち、1 価の陰イオンの持つ電子の総数が 10 になる元素を元素記号で答えなさい。

問 6 下線部(a)について、原子全体では電氣的に中性である理由を、20 字程度で答えなさい。

問 7 貴(希)ガスはイオンになりにくく、他の原子と化合物をつくりにくい。その理由を、貴(希)ガス原子の電子配置の観点から 20 字程度で答えなさい。

問 8 質量数 35 の塩素原子の相対質量と存在比はそれぞれ 35.0 と 75.8 %、質量数 37 の塩素原子の相対質量と存在比はそれぞれ 37.0 と 24.2 % である。このとき、0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 100 mL を中和するのに必要な塩化水素の質量 (g) を答えなさい。ただし、有効数字は 3 桁とし、4 桁目を四捨五入して答えなさい。

5 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(17点)

鉄は酸化物や硫化物として地殻中に多く存在する。単体の鉄は、磁鉄鉱 Fe_3O_4 や 赤鉄鉱 Fe_2O_3 などの鉄鉱石を溶鉱炉内でコークス C から生じる一酸化炭素で還元してつくる。溶鉱炉で得られる鉄は 1 とよばれ、質量比約 4% の炭素 C の他に、ケイ素 Si や硫黄 S などの不純物を含み、硬いがもろい。1 を転炉に移し、酸素を吹き込み、炭素の含有量を低くし、不純物を除くと 2 が得られる。これは強靱で弾性があり建材などに用いられる。金属の耐久性を高めるためにめっきという方法があり、鉄がさびるのを防ぐために鉄に亜鉛をめっきしたものはトタンで、鉄に 3 をめっきしたものがブリキである。鉄には Fe^{2+} と Fe^{3+} が存在し、酸化数に応じて特有の反応を示す。

合金は 2 種類以上の金属を融解して混ぜ合わせたものまたは、金属に少量の非金属が添加されているが金属特性をもつものであり、私たちの生活に広く利用されている。鉄に 4 やニッケルなどを混合してできたステンレスは、台所用品や建築構造物に用いられる合金である。この他の合金として、5 に少量の銅やマグネシウム、マンガンなどが混合されてできたジュラルミンは、航空機や車両に用いられ、銅に 3 などが混合されてできた青銅は美術品や 10 円硬貨に用いられている。

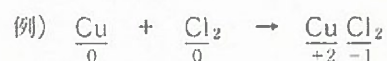
問 1 1 と 2 にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 3 ～ 5 にあてはまる最も適切な元素を元素記号で答えなさい。

問 3 下線部(a)について、以下の(1)～(3)の各問いに答えなさい。

(1) 赤鉄鉱中に含まれる Fe_2O_3 の質量パーセントが 82% のとき、5000 kg の赤鉄鉱中に含まれる鉄 Fe は何 kg か求めなさい。ただし、有効数字は 3 桁とし、4 桁目を四捨五入して答えなさい。

(2) 酸化鉄 Fe_2O_3 と一酸化炭素 CO が反応し、単体の Fe が生成するときの化学反応式を答えなさい。さらに、Fe と C の各原子の酸化数を次の例にならって反応式の下に書きなさい。



(3) コークス C と酸素 O_2 から一酸化炭素 CO が生成するときの化学反応式を答えなさい。

問 4 下線部(b)について、鉄のさびを防ぐ理由の一つとして、めっきした亜鉛の表面に酸化被膜が形成され、内部が保護されることが挙げられる。さらに、トタン表面が傷ついて鉄が露出した場合でもさびを防ぐ効果がある。その理由を 30 字程度で答えなさい。

問 5 下線部(c)について、表 I は Fe^{2+} または Fe^{3+} を含む水溶液と 4 種類の試薬(ア)～(エ)の水溶液との反応をまとめたものである。(ア)～(エ)に当てはまる試薬として最も適切なものを以下から選び、化学式で答えなさい。

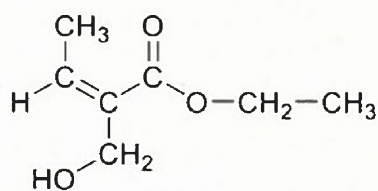
水酸化ナトリウム、過酸化水素、ヨウ化カリウム、ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム
ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム、臭化カリウム、チオシアン酸カリウム

表 I. 鉄イオンの反応

加える試薬	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
鉄イオン水溶液				
硫酸鉄(Ⅱ)水溶液	青白色沈殿	緑白色沈殿	変化なし	濃青色沈殿
塩化鉄(Ⅲ)水溶液	濃青色沈殿	赤褐色沈殿	血赤色溶液	褐色溶液

6

次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。また、構造式を答えるときは、図Ⅳの例にならって書きなさい。(17点)



図Ⅳ 構造式の例

問1 分子式が $C_5H_{12}O$ で表される鎖状のアルコールについて、以下の(1)～(3)の各問いに答えなさい。

- (1) 考えられる構造異性体の数を答えなさい。
- (2) 不斉炭素原子を持つアルコールの構造式をすべて書きなさい。
- (3) メタノールやエタノールと比較して、炭素数の多い1-ペンタノールのようなアルコールは一般的に水に溶けにくい。その理由を30字程度で説明しなさい。

問2 分子式 $C_6H_{12}O_2$ で表される鎖状のエステル A ～ D について加水分解を行ったところ、下記の実験結果が得られた。以下の(1)～(4)の各問いに答えなさい。

結果1：エステル A から第三級アルコールと酢酸が得られた。

結果2：エステル B から第一級アルコールと不斉炭素原子をもつカルボン酸が得られた。

結果3：エステル C から第一級アルコールとギ酸が得られた。また、得られた第一級アルコールを酸化したところ不斉炭素原子をもつカルボン酸が得られた。

結果4：エステル D から第二級アルコールと酢酸が得られた。

- (1) エステル A の構造式を書きなさい。
- (2) エステル B の構造式を書きなさい。
- (3) エステル C の構造式を書きなさい。
- (4) 結果4で得られた第二級アルコールを単離し、分子内で脱水反応を行ったところアルケンが得られた。考えられるアルケンの構造式を、立体構造の違いがわかるようにすべて書きなさい。

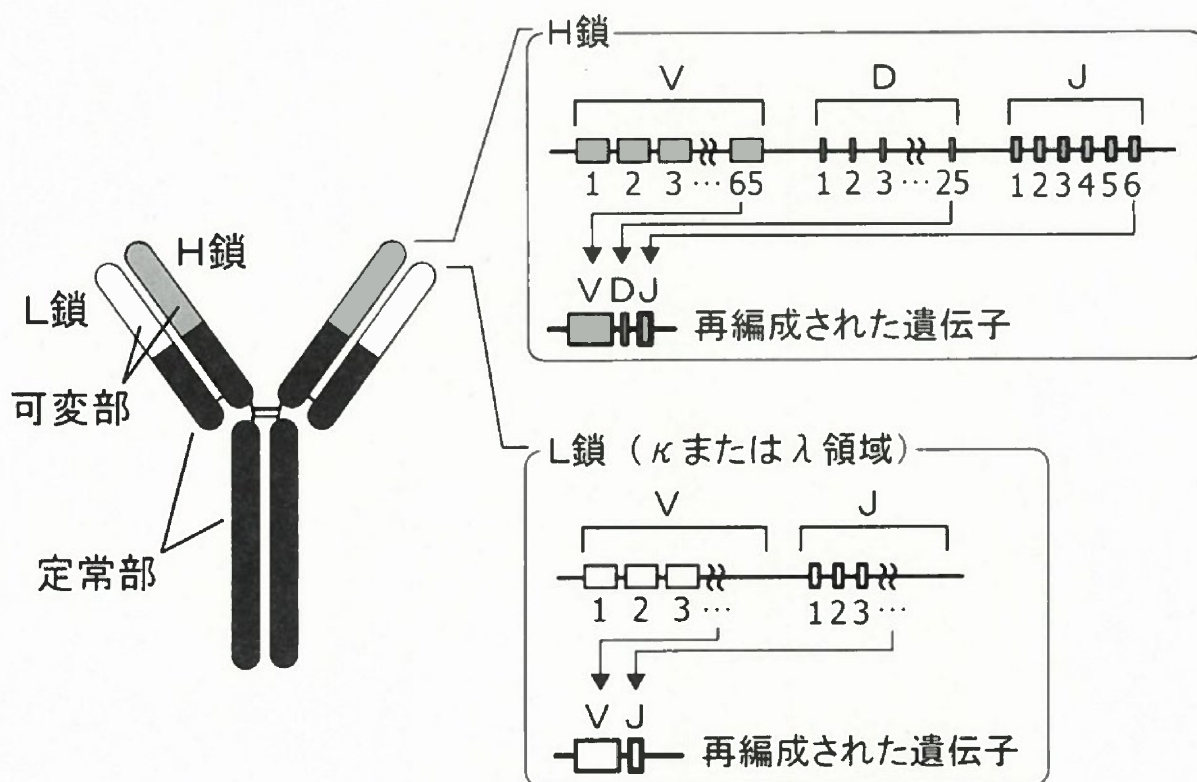
生 物

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25 点)

人体が病原体や異物の侵入を防ぎ異物を排除する仕組みには、^(a)物理的な防御、^(b)化学的な防御と、^(c)自然免疫および獲得免疫(適応免疫)がある。そのうち獲得免疫では、1 という生体分子が大きな役割を担う。これは 2 から分化した細胞によって分泌されるもので、2 は、病原体と接触した 3 からの情報伝達によって活性化される。

1 は、初めて侵入・接触した病原体などの場合には十数日程度で分泌されるようになる。このような、ある病原体に対して初めて起きる獲得免疫の反応を、免疫の 4 という。一方、過去に侵入したことがある病原体に対しては、数日程度という短い期間で 1 が産生され、より速やかに病原体が排除される。これを免疫の 5 という。このように、繰り返し侵入した病原体に対して、速やかに獲得免疫が発動するようになる仕組みを 6 と呼ぶ。この仕組みを人工的に誘導することで、はしかやインフルエンザなどへの獲得免疫を付与し高める医療手段が 7 である。

1 は、免疫グロブリンというタンパク質でできており、図Iに示された構造を持つ。免疫グロブリンは、H鎖とL鎖という2種類のポリペプチドが組み合わさって構成されており、共通な構造である定常部と、免疫グロブリンの間で異なったアミノ酸配列を持つ可変部から成る。H鎖の可変部を構成する遺伝子としてV、D、Jの3種類が存在し、標準的なヒトのゲノムには、Vが65種類、Dが25種類、Jが6種類コードされる(ここでは、遺伝子数の個人差・集団差は考慮しないこととする)。L鎖の可変部を構成する遺伝子は、 κ と λ という2つの独立したゲノム領域にコードされており、 κ には30種類のVと4種類のJ、 λ には40種類のVと5種類のJがコードされる。1つ1つの免疫グロブリンについて、H鎖の可変部は、V、D、Jからそれぞれ1つずつランダムに選ばれ連結されたDNA配列に基づいて生成される。L鎖の可変部は、 κ または λ 領域のどちらか一方から、VとJが1つずつランダムに選ばれ連結されたDNA配列から生成される。このような、^(d)ランダムな選択と結合という遺伝子再編成の仕組みによって、膨大な種類の免疫グロブリン可変部が作られて、多種多様な病原体や異物に対応する。



図I ヒト免疫グロブリン(IgG)の構造と遺伝子の関係

問1 文章中の ～ に最も適切な語句を記入しなさい。

問2 下線部(a)の物理的な防御の記述として最も適した文章を次の(ア)～(ウ)から選び、その記号を答えなさい。

- (ア) 血液とリンパ液は、互いに混じり合わない仕組みになっていることで、病原体や異物の侵入を防いでいる。
- (イ) 鼻腔、口腔、消化管内壁などの粘膜は、分泌する粘液によって病原体や異物の侵入を防いでいる。
- (ウ) 骨と骨が連結する関節部では、軟骨や関節液などが力学的負荷を吸収して、損傷や病気を防いでいる。

問3 下線部(b)の化学的な防御の記述として最も適した文章を次の(ア)～(ウ)から選び、その記号を答えなさい。

- (ア) 皮膚の傷口は、血小板やフィブリンというタンパク質が凝固することによって、速やかにふさがれる。
- (イ) 紫外線などで損傷を受けた DNA は、複数種類の酵素によって修復され、病気の発症が抑えられている。
- (ウ) 胃液は、塩酸を含有することで強い酸性を示し、病原体を分解・殺菌する。

問4 下線部(c)の自然免疫として、免疫細胞が病原体を直接取り込み、消化・分解する「食作用」がある。この食作用を担う免疫細胞の名前として、適切なものを 2 つ答えなさい。

問5 H鎖の可変部を構成する V、D、J 遺伝子配列の組み合わせ数は、合計でいくつになるか。計算過程を含めて答えなさい。

問6 免疫グロブリン全体として、可変部(H鎖とL鎖)の遺伝子配列の組み合わせの総数はいくつになるか。計算過程を含めて答えなさい。なお、1つの免疫グロブリンが持つ2本のH鎖およびL鎖は各々同一であるとする。

問7 次の文の A と B にあてはまる最も適切な語句を記入しなさい(順不同)。

免疫グロブリン可変部の多様性をさらに増加させる仕組みとして、遺伝子再編成の過程で起きる DNA 塩基の や が挙げられる。

問8 下線部(d)のような仕組みによって、限られた数の遺伝子情報から、膨大な種類の免疫グロブリン可変部がつくられることを証明した は、日本人で初となるノーベル生理学・医学賞を受賞した。Cにあてはまる適切な人名を、次の(ア)～(オ)から選び記号で答えなさい。

- (ア) 下村脩 (イ) 本庶佑 (ウ) 利根川進 (エ) 大村智 (オ) 大隅良典

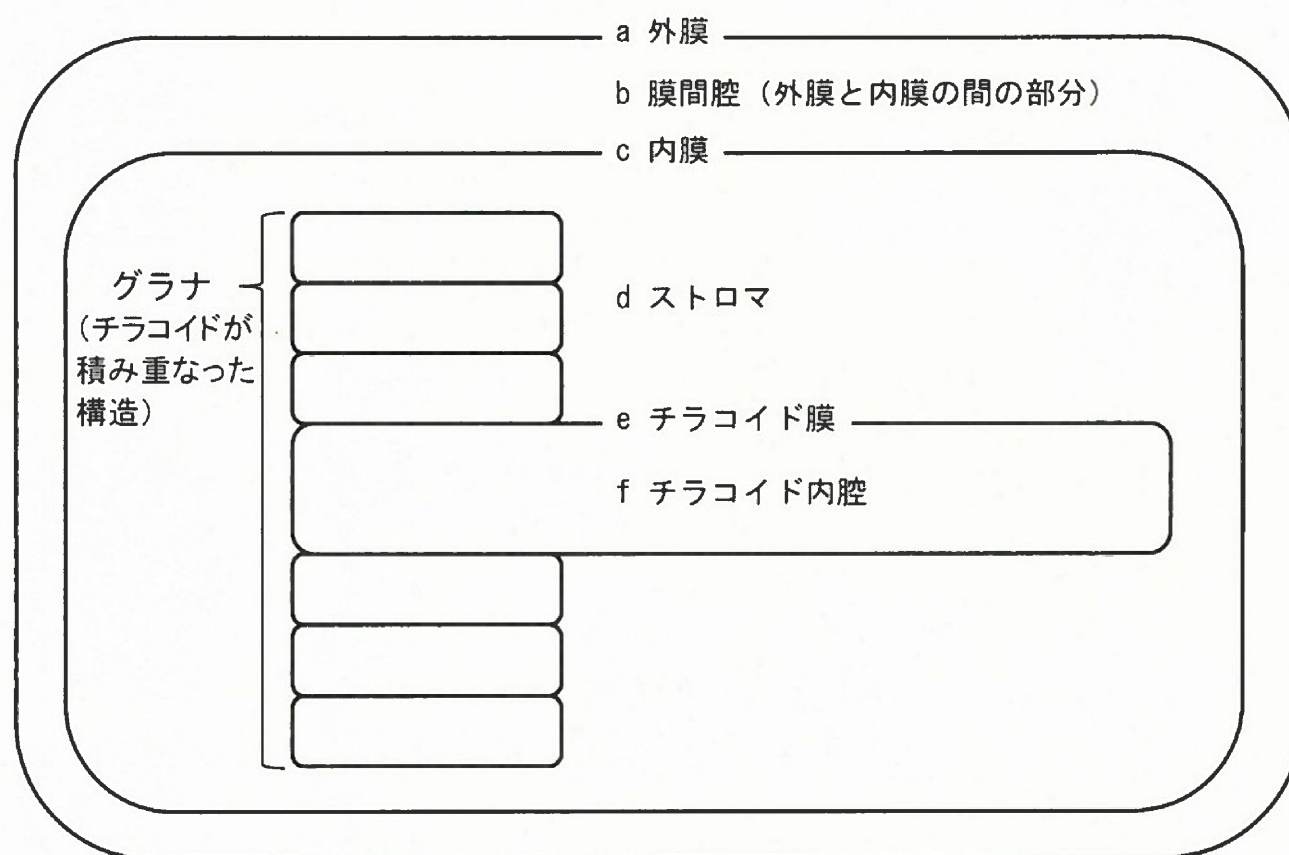
2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25 点)

細胞小器官である葉緑体は光合成の場である。葉緑体の起源はシアノバクテリアだと考えられており、葉緑体には核内の DNA とは異なる独自の DNA が存在する。^(a)1986 年に、杉浦らによりおよそ 16 万塩基対からなるタバコ葉緑体 DNA の全塩基配列が決定された。このことは DNA 配列から新しい遺伝子が次々と発見されるなど、先に塩基配列を決定してから遺伝子を探すというゲノムプロジェクトの先駆けとなった。

問1 下線部(a)のように、一部の細胞小器官が、原核生物由来であるとする説は何と呼ばれるか答えなさい。

問2 下の図Ⅱは葉緑体の膜(a, c, e)およびそれらの膜で囲まれた部分(b, d, f)を模式的に表したものである。(1)～(5)に当てはまるものを a～f より選びなさい。

- (1) ATP 合成酵素が存在する場所
- (2) H_2O を分解し O_2 を生じる反応に関与する色素タンパク質複合体が存在する場所
- (3) H^+ が蓄積する場所
- (4) CO_2 が固定される場所
- (5) 葉緑体の起源と考えられるシアノバクテリアには存在しない膜



図Ⅱ 葉緑体構造の模式図

問3 タバコ葉緑体 DNA のシトシンの割合が 20 % である時、アデニンは 16 万塩基対の中に何個存在するか。計算過程を含めて答えなさい。

問4 葉緑体 DNA が環状で、DNA ポリメラーゼの合成速度が毎秒 800 塩基の時、タバコ葉緑体 DNA はおよそ何秒で複製が完了すると考えられるか。計算過程を含めて答えなさい。ただし、リーディング鎖とラギング鎖は協調して合成され、複製開始点は 1 ヶ所とする。

問5 制限酵素と遺伝子組換えに関する以下の各問に答えなさい。

(i) シトシン含量 20 %、16 万塩基対のタバコ葉緑体 DNA を 5'-GGGCCC-3' の 6 塩基対を認識する制限酵素で切断した時に生じると期待される DNA 断片の数は以下の(ア)~(エ)のどれが最も近いと考えられるか。記号を答えなさい。

(ア) 10 (イ) 40 (ウ) 110 (エ) 250

(2) 制限酵素で切断し、得られた DNA 断片を塩基配列決定など更に解析を行うために、大腸菌などで複製可能な 運び屋の (b) 役割をする別の DNA 分子につなぎ換えることがよく行われる。次の問(I)および問(II)に答えなさい。

(I) 下線部(b)の DNA 分子は通常何と呼ばれるか、名称を答えなさい。

(II) 下線部(b)の DNA 分子と目的の DNA 断片をつなぐ時に使われる酵素の名称を答えなさい。

問6 近年、遺伝子組換え作物に導入された外来遺伝子が花粉によって飛散し、生物多様性に影響を与えることが問題になっている。有性生殖においてミトコンドリアや葉緑体は雌性配偶子によってのみ接合子に伝えられることを利用して、環境中への外来遺伝子の流出を抑えられる遺伝子組換え作物を作成する方法について理由を合わせて説明しなさい。

3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

近年、SDGs (Sustainable Development Goals: 持続可能な開発目標) という言葉を良く耳にするが、SDGs というのは我々人間社会が今後持続可能な開発を維持していくために定めた 17 個の目標のことである。例えば SDG14 番(海の豊かさを守ろう)の中には、「様々な人為的活動によって引き起こされる環境のかく乱に対して生態系のバランスが崩れた際、再び元の状態へと戻る性質を強化することによって健全な海の生態系を維持する」という目標が示されている。現在我々は、日常生活での電気や車などの利用によって、大気中に多量の二酸化炭素(CO_2)を放出している。二酸化炭素は 1 を有し、気温と共に海水温の上昇をもたらしている。その結果、例えばサンゴ礁域では、海水温の上昇によってサンゴの体内に存在する褐虫藻と呼ばれる藻類が体外へと放出されてしまう白化現象が引き起こされる。刺胞動物門に属すサンゴは 2 および 3 を有する二胚葉性の動物である。サンゴは動物プランクトンなどを摂食するが、同時に体内に存在している褐虫藻が、^(a)光合成によって作り出す有機物などを得ている。一方、褐虫藻は ^(b)サンゴが呼吸によって排出する二酸化炭素を利用して光合成を行っており、サンゴと褐虫藻は互いに 4 の関係にある。しかしサンゴが白化するとその関係は崩れ、さらにこの状態が長期間続くとサンゴはやがて栄養不足によって死亡してしまう。サンゴが死亡すると、サンゴを^(c)住処として利用する魚類や甲殻類など多くの生物も影響を受ける。さらにサンゴ礁域で生活する人々は観光資源や漁業資源などサンゴ礁がもたらす多くの 5 サービスを失ってしまうことに^(c)繋がりかねない。従ってサンゴ礁域の保全、再生のためには、例えば海洋保護区の設置や ^(c)サンゴの移植活動などが行われている。

問1 文章中の 1 ～ 5 に入る最も適切な語句をそれぞれ記入しなさい。

問2 下線部(a)について、サンゴにおける光強度と二酸化炭素の吸収速度の関係を評価するため、サンゴをガラス瓶に入れて密閉し、様々な光条件下で、サンゴの二酸化炭素の吸収速度を測定した。実験結果(表1)をもとに以下の(1)～(4)の各問に答えなさい。なお、呼吸速度は光強度に関係無く一定とする。

- (1) 光合成全体の反応式を一つの式にまとめて答えなさい。
- (2) サンゴの呼吸速度($\text{mg CO}_2 / \text{cm}^2 \cdot \text{時}$)を求めなさい。
- (3) 光強度 400 lux の時のサンゴの光合成速度($\text{mg CO}_2 / \text{cm}^2 \cdot \text{時}$)を求めなさい。
- (4) 光強度 20 lux のときに二酸化炭素の吸収速度が $0 \text{ mg CO}_2 / \text{cm}^2 \cdot \text{時}$ となった理由を説明しなさい。

表 1 サンゴの光強度と二酸化炭素吸収速度の関係

光強度 (Lux)	二酸化炭素吸収速度 (mg CO ₂ / cm ² ・ 時)
0	-2
20	0
40	1
100	4
200	8
300	16
400	20
600	20
800	20

問 3 下線部(b)について、呼吸は細胞内の 3 つの過程に分けられる。それぞれ何と呼ぶか答えなさい。

問 4 下線部(c)について、サンゴは、その体を複数の破片に分けて海底に接着することによって無性的に個体数を増やすことが可能である。このためサンゴが生育しなくなってしまった場所に同一群体に由来するサンゴの断片を移植して元のサンゴ礁に復元することが試みられている。しかしこのような方法で増やしたサンゴ個体群は、通常の有性生殖によって増殖したサンゴ個体群に比較して問題点も考えられる。どのようなことが問題点として考えられるのか以下の語句を用いて 120 字以内で説明しなさい。

語句：クローン、遺伝的多様性

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

地球の歴史の約46億年の中では、多様な生物が出現し、進化し、またその多くが絶滅してきた。現存する生物の中で、^(a)学名が付けられている生物の種数は約175万種であるが、まだ名付けられていない生物も多数存在していると考えられている。このように多様な生物種が存在するのは、1つの種から新しい種ができたり、複数の種に分かれたりする という過程を経てきたことによる。この様に種や、それより高次の階層の分類群の出現をもたらす規模の進化を と、 には至らない規模の進化を という。いずれにしても長い地球の歴史の中で生物が進化し多様化してきたことに他ならない。

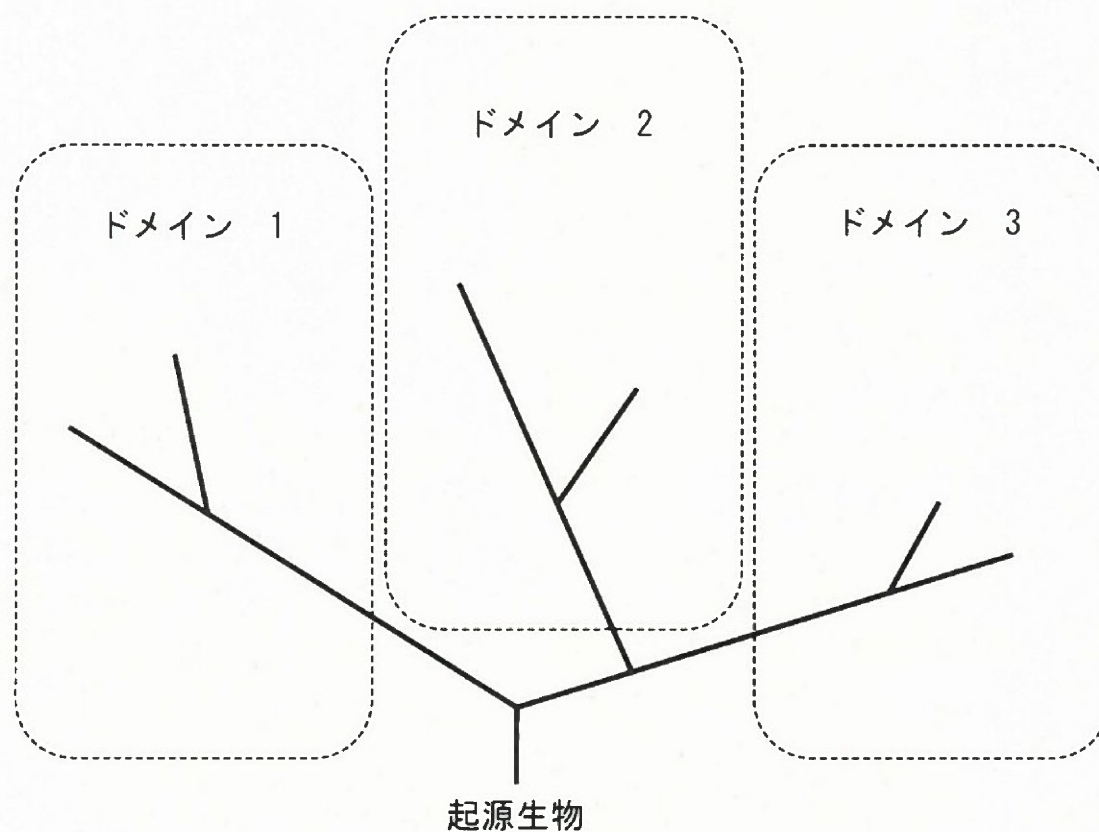
生物がたどってきた道筋を系統といい、系統に基づいた生物の類縁関係によって生物を分類する方法を系統分類という。特に近年は、DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列など、生体を構成する物質の分子データを比較する方法が用いられ、それにより作られた ^(b)分子系統樹が大いに利用されている。実際に、さまざまな分子データを用いた研究がおこなわれたことにより、発生や形態的特徴から推定された従来の動物の系統関係についても見直しが必要な場合が出てきた。いずれにしても、私たち現生人類(ヒト)が属するのは動物であることに間違いはないが、ヒトに至るまでの道筋は平坦なものではなかったようだ。約6,600万年前に白亜紀末に起こった大量絶滅を生き延びたヒトの祖先である哺乳類が世界中で繁栄した。^(c)繁栄した哺乳類の中から樹上生活に適応して親指が他の指と向かい合うことで枝などをつかみやすいなどの特徴を持つ が出現した。 には、キツネザルのような原猿類、ニホンザルのような真猿類、さらに2,500万年前ごろに出現した が含まれる。原生の にはテナガザル、オランウータン、ゴリラ、チンパンジーなどが含まれ、ヒトは、 との共通の祖先から分岐して進化した。 とヒトの大きな違いは、 歩行を行うことである。ヒトは、およそ20万年前にアフリカで出現し、ユーラシア大陸に進出後、世界中に分布を広げた。このことは化石や出土品などからの推定と、ミトコンドリアDNAの解析から調べられている。

問1 文章中の ～ に最も適した語句を記入しなさい。

問2 下線部(a)の記述として最も適した文章を次の(ア)～(エ)から選び、その記号を答えなさい。

- (ア) 学名は種の他に、属、科、目などの階層的分類名にも用いられる。
- (イ) 学名は属名と種小名の二つの名前を併記してつくられる。
- (ウ) ダーウィンにより学名の体系が提案された。
- (エ) 現存しない化石生物には学名はつけられない。

問3 下線部(b)にある分子系統樹の例として、1990年に米国のカール・ウーズらによって提唱された3ドメイン説がある(図Ⅲ)。全生物をある遺伝子の塩基配列に基づき解析したところ、大きく3つのグループに分けることができた。これら3つのドメインの名称を書きなさい。さらに、この解析で用いられたある遺伝子の名称とその遺伝子が用いられた理由を合わせて50字以内で説明しなさい。



図Ⅲ 3ドメイン説の系統関係の図

問4 下線部(c)について、このような現象を生物学的に何というか。最も適した語句を答えなさい。

問5 文章中には動物についての説明があるが、動物と同様に大きなグループ分けの一つに植物がある。植物は陸上植物とも呼ばれ、3群からなっている。その3群を答えなさい。

地 学

1 図 I を見て、以下の各問に答えなさい。(25 点)

問 1 図 I の(a)～(c)は、それぞれ 4 月、8 月、12 月の典型的な気圧配置を表す地上天気図である。以下の(ア)～(カ)から、正しい組み合わせを選び、その記号を答えなさい。

(ア) (a) 4 月 (b) 8 月 (c) 12 月

(イ) (a) 4 月 (b) 12 月 (c) 8 月

(ウ) (a) 8 月 (b) 4 月 (c) 12 月

(エ) (a) 8 月 (b) 12 月 (c) 4 月

(オ) (a) 12 月 (b) 4 月 (c) 8 月

(カ) (a) 12 月 (b) 8 月 (c) 4 月

問 2 図 I(a)の A と B の高気圧は一般に何と呼ばれているか。適切な名称を答えなさい。

問 3 図 I(c)において、ユーラシア大陸上の気圧が海洋上に比べて高いのはなぜか。40 字程度で説明しなさい。

問 4 図 I(c)において、那覇(沖縄島)における地表面付近の風向を四方位で書きなさい。また、そうなると思った根拠を 40 字程度で説明しなさい。

問 5 いずれの図にも温帯低気圧が現れている。温帯低気圧が地球規模の熱エネルギーのバランスにおいて果たす役割を、温帯低気圧の温度や風の構造に関連付けながら 100 字程度で説明しなさい。

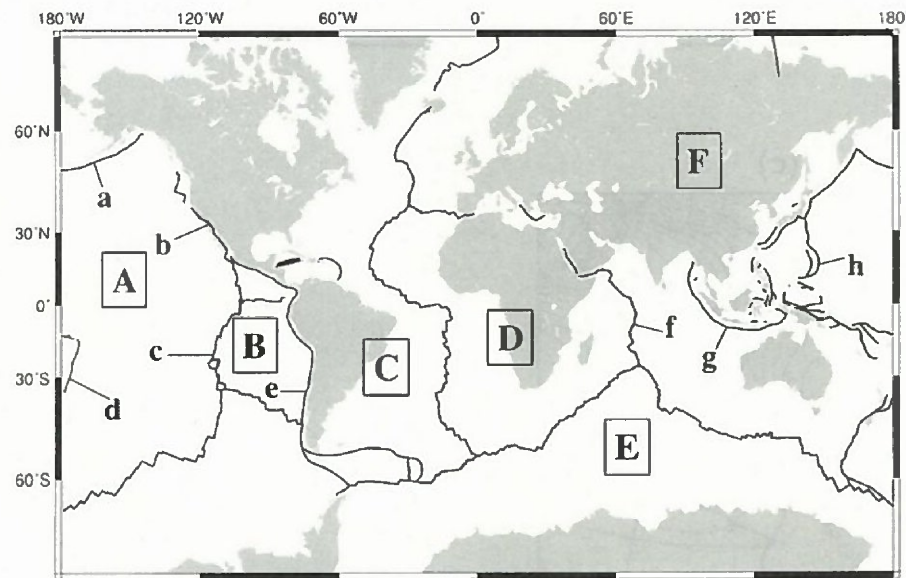
※非公開

図 I 令和 3 年のある日の天気図(気象庁ホームページの図を一部改変(2022 年))。
<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>)

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

プレートの動きやプレート間の相互作用によって、造山運動など種々の地学現象を統一的に理解しようとするプレートテクトニクスの成立には、①大陸移動説と海洋底拡大説が重要な役割を果たした。プレートは現在も運動を続けており、日本列島からハワイ諸島までの距離が1年当たり約6.1 cm 縮んでいることがわかっている。このような運動を観測する技術として、②VLBIやGPSなどが利用されている。

図Ⅱは、世界の陸地の分布(灰色の領域)とプレート境界(実線)を示す。なお、不確かなプレート境界については、一部省略しているところがある。**A** ～ **F** はプレートを、a ～ h はプレート境界上の地点を指す。



図Ⅱ 世界の陸地の分布とプレート境界

問1 **A** ～ **F** のプレート名を答えなさい。

問2 プレート境界にはいくつかの種類(型)がある。a 地点と同じ種類のプレート境界を b ～ h からすべて選び、記号で答えなさい。

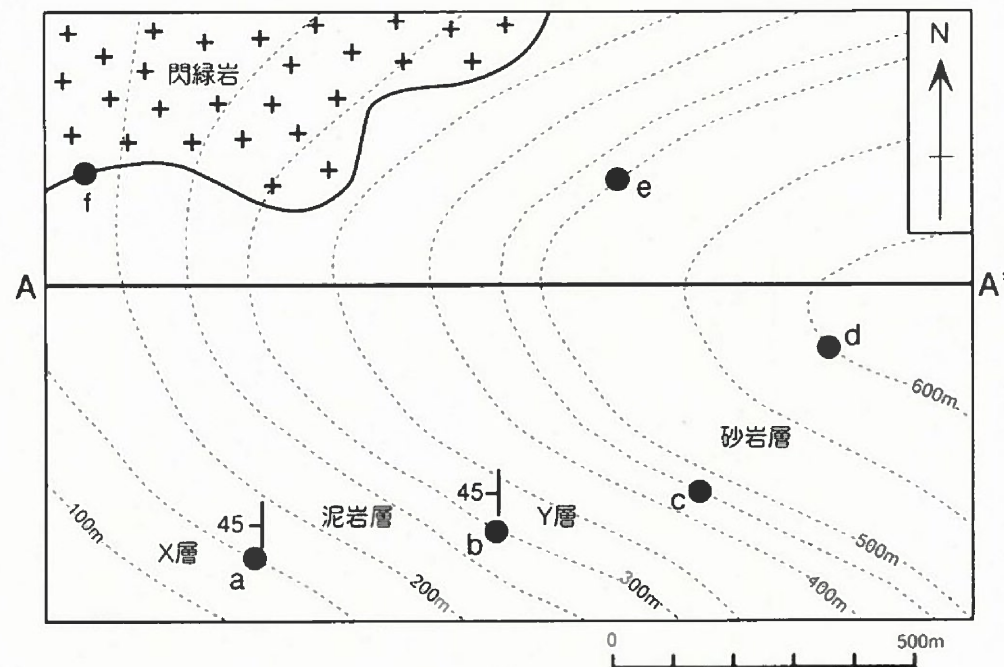
問3 プレート境界では地震が多発することが知られているが、a 地点と同じ種類のプレート境界で発生する地震の特徴をプレートの動きや断層運動を含めて説明しなさい。必要に応じて図を用いても構わない。

問4 下線部①の2つの説のうち1つを選び、どのような考え方が説明しなさい。

問5 下線部②の2つの技術のうち1つを選び、どのような技術で測量するか説明しなさい。

3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25 点)

図Ⅲに示した地域において地質調査を行った。露頭 a～f の観察および調査結果をまとめると次のようになる。図中の破線は等高線を示す。



図Ⅲ 地質調査結果

- ・ 露頭 a で X 層と泥岩層との地層境界を確認した。地層境界面の走向は NS、傾斜は 45° W であった。また X 層中にフズリナの化石を発見した。
- ・ 露頭 b で泥岩層と Y 層の地層境界を確認した。地層境界面の走向、傾斜は a 地点と同じであった。
- ・ 露頭 c では Y 層の上に基底れき岩をはさんで、砂岩層が堆積する様子が観察された。不整合面はほぼ水平であり、砂岩層中の層理面も水平であった。砂岩層にはサンゴの化石が含まれていた。
- ・ 露頭 d と露頭 e では厚さ 5 cm の凝灰岩層が砂岩層中に水平に挟まっている様子が確認された。この 2 地点で採取した凝灰岩中の鉱物を分離し、年代測定を実施したところ、露頭 d のものから 300 万年前、露頭 e のものから 800 万年前の絶対年代が得られた。
- ・ 調査地域の北西では閃緑岩が X 層、泥岩層、Y 層に貫入する様子が観察された。この閃緑岩から鉱物を分離し、 $^{40}\text{K}-^{40}\text{Ar}$ 法で年代測定を行った結果、この閃緑岩の絶対年代は 5000 万年前であった。
- ・ 露頭 f では、大理石が確認された。

- 問1 解答用紙の等高線図に、X層と泥岩層、泥岩層とY層との地層境界線を実線で、Y層と砂岩層との境界を波線で書き入れ地質図を作成しなさい。
- 問2 A-A'に沿った地形および地質断面図を解答用紙に描きなさい。地層の境界は問1のものと同じにすること。
- 問3 砂岩層の堆積速度(mm/年)を凝灰岩層の年代を参考に答えなさい。
- 問4 泥岩層の厚さは約何mと推定されるか答えなさい。
- 問5 閃緑岩の絶対年代測定を行う際に分離された有色鉱物を答えなさい。
- 問6 X層を構成する岩石の名称を答えなさい。
- 問7 この地域の地史を150字程度で答えなさい。なお地層の逆転はないものとする。

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25 点)

全ての物体はその表面温度に応じて電磁波を放射する。特に理想化された物体、すなわち入射する電磁波を反射することなく全て吸収する物体を という。表面温度 T_s [K] の が、その表面 1 m^2 から毎秒放射する光のエネルギー E [J/(m²s)] は

$$E = \sigma T_s^4 \quad \dots (1)$$

となる。 σ は定数である。この関係式を の法則という。また の表面温度 T_s [K] と、放射エネルギーが最大になる電磁波の波長 λ_m [μm] との関係式は

$$\lambda_m = \frac{2900}{T_s} \quad \dots (2)$$

となる。これを の変位則という。

恒星は とみなすことができ、その表面温度に応じて可視光も含めた電磁波を放射する。我々が観測する恒星の明るさは、地球から恒星までの距離と、恒星から毎秒放射される全エネルギーによって決まる。

星の明るさは等級によって表される。等級が5小さくなると、明るさが100倍となる。地球で観測した等級を 等級という。 等級が m_1 の星と、 m_2 の星の明るさを各々 $l(m_1)$ 、 $l(m_2)$ とする。例えば 等級が3の星と、 等級が2の星の明るさの比 $l(3)/l(2)$ は

$$\frac{l(3)}{l(2)} = 10^p \quad \dots (3)$$

とすると $p =$ となる。これより明るさの比 $l(m_1)/l(m_2)$ は

$$\frac{l(m_1)}{l(m_2)} = \text{B} \quad \dots (4)$$

となることがわかる。恒星の本来の明るさは、すべての星を地球から同じ距離10パーセク(32.6光年)に置き直して見た場合の等級を用いる。これを 等級という。ある星と地球との距離を d パーセク、その星を地球から見た明るさを L とする。その星が地球から距離10パーセクにある場合の明るさを L_{10} とする。明るさの比 L/L_{10} を d で表すと

$$\frac{L}{L_{10}} = \text{C} \quad \dots (5)$$

となる。地球との距離が d パーセクの恒星の 等級を M 、 等級を m とする。式(4)と(5)から

$$M = \text{D} \quad \dots (6)$$

となる。また恒星の光の色から恒星の表面温度がわかる。

問1 ～ に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問2 ～ に当てはまる適切な式または数字を答えなさい。

問3 に当てはまる適切な式を答えなさい。また、その導出の過程を書きなさい。

問4 下線部に関して、恒星の光の色から、その恒星の表面温度が低い方から高い方へ順番に並べるとどうなるか。最も適切なものを次の(ア)～(カ)から選び、その記号を答えなさい。また、その根拠を問題文の式をもとに説明しなさい。

(ア) 青色、赤色、黄色

(イ) 青色、黄色、赤色

(ウ) 赤色、青色、黄色

(エ) 赤色、黄色、青色

(オ) 黄色、青色、赤色

(カ) 黄色、赤色、青色

物 理 解 答 用 紙

受験番号

1

- ① $2mg$ ② $\frac{\sqrt{3}\pi a}{v}$ ③ 0 ④ $2\sqrt{Lh}$
- ⑤ $3Mg$ ⑥ $4Mg$ ⑦ $\frac{21}{2}RT_0$ ⑧ $\frac{17}{2}RT_0$
- ⑨ $2RT_0$ ⑩ $\frac{4}{21}$ ⑪ $\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{2/3}T_1$ ⑫ $L_0 - \frac{v}{2f}$
- ⑬ $\sin \alpha = \sqrt{n^2 - 1}$ ⑭ $k\frac{q}{4a^2}$ ⑮ ε ⑯ $2aqE$
- ⑰ σ ⑱ $\frac{h}{\sqrt{2mcV}}$ ⑲ $\frac{hc}{eV}$ ⑳ $\mathcal{A}$

2

- 問 1 $\frac{1}{2}kx^2$ 問 2 $v = \sqrt{\frac{k}{m}}x$ 問 3 $v_B = \frac{v}{2}$
- 問 4 $\frac{1}{4}mv^2$ 問 5 $\frac{v_B^2}{2g\mu'}$ 問 6 $V = \frac{2m}{2m+M}v_B$
- 問 7 $\frac{mM}{M+2m}v_B^2$ 問 8 $\frac{Mv_B^2}{2(M+2m)g\mu'}$ 問 9 $\frac{MV}{2mg\mu'}$

3

- A 問 1 3.0 [A] 問 2 $I_C = I_2 + I_4 - I_6$
- 問 3 I_3 の向き a 大きさ 2.0 [A] 問 4 $R = 12$ [Ω]
- B 問 5 $\mathcal{U}$ 問 6 力の大きさ $\frac{VB\ell}{R}$ 向き $\mathcal{I}$
- 問 7 大きさ Blv 正極 c
- 問 8 $v = \frac{mgR}{B^2\ell^2}$ 問 9 mgv

	受験番号	得点
物 理		

化 学 解 答 用 紙

受験番号

(注意 この解答用紙は表裏4ページになっている。)

1	問1	0.30 mol	問3	$K_4\sqrt{RT}$					
	問2	$\frac{K_2K_3^3}{K_4}$		問5	242 kJ				
	問4	2.0×10^{-2} mol/L			問7	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
	問6	$\frac{Q_2 + 3Q_3 - Q_1}{2}$ kJ/mol				左	左	左	左
			小 計						

2	問1	5.0×10^{-2} mol/L					
	問2	(1)	$(\text{COOH})_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow (\text{COONa})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$				
		(2)	$\frac{1}{x}$ mol/L	(3)	フェノールフタレイン		
	問3	(1)	$\frac{10^{-2}x}{y}$	(2)	2.5×10^{-5} mol/L		
		問4	実験器具	コニカルビーカー			
		理 由	純水で薄まっても溶液中の溶質の物質量は変わらないため				
	問5	(ウ)					
			小 計				

採点欄

1	2	3	4	5	6	合 計

受験番号

3

問1

1

赤

2

赤紫

3

黒

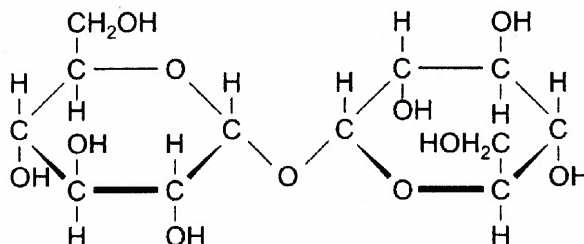
問2

1.06

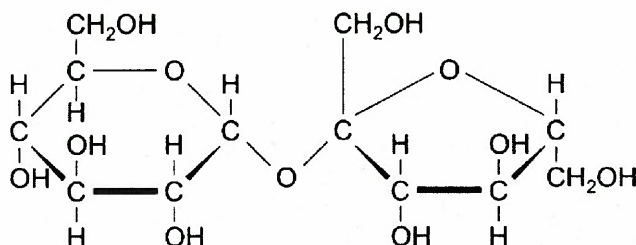
g

問3

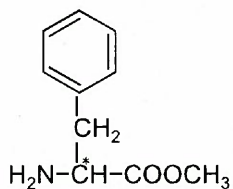
化合物Fの構造式



化合物Gの構造式

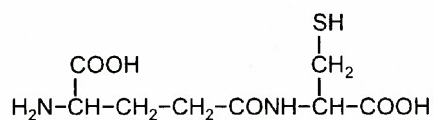


エステルHの構造式



問4

(2)



問5

(1)

2.2×10^{-10}

mol/L

問6

(1)

記号

D

名称

グルタチオン

(2)

グルタチオンはカルボキシ基2つとアミノ基1つを含むため、pH=6での電荷の総和が-1となるから。

小計

受験番号	
------	--

4	問1	1	(イ)	2	(ア)		
	問2	3	放射性同位体	4	放射能	5	価電子
	問3	(イ) (キ)		問4	K		
	問5	F					
	問6	原子中の陽子と電子の数が等しいから					
	問7	価電子の数が0で安定な電子配置を持つから					
	問8	0.730		g			

小 計	
-----	--

5	問1	1	銑鉄	2	鋼		
	問2	3	Sn	4	Cr	5	Al
	問3	(1)	2870	kg			
		(2)	$\begin{array}{ccccccc} \text{Fe}_2\text{O}_3 & + & 3\text{C} & \text{O} & \rightarrow & 2\text{Fe} & + & 3\text{C} & \text{O}_2 \\ +3 & & +2 & & & 0 & & +4 \end{array}$				
		(3)	$2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}$				
問4	鉄よりイオン化傾向の大きい亜鉛が優先して酸化されるから						
問5	(ア)	K ₄ [Fe(CN) ₆]		(イ)	NaOH		
	(ウ)	KSCN		(エ)	K ₃ [Fe(CN) ₆]		

小 計	
-----	--

6

問1

(1)	8
(2)	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH-CH}_3 \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-OH} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3\text{-CH-CH-CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
(3)	疎水性である炭化水素基の影響が大きくなるため

問2

(1)	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3\text{-C-O-C-CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	(2)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH-C-O-CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
(3)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H-C-O-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$		
(4)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H-C=C-CH}_2\text{-CH}_3 \\ \\ \text{H} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H-C=C-H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H-C=C-CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$		

小計

生 物 解 答 用 紙

受験番号

注意 この解答用紙は表裏4ページになっている。

1

問1

1	抗体	2	B細胞	3	樹状細胞
4	一次応答	5	二次応答	6	免疫記憶
7	ワクチン				

問2

イ

問3

ウ

問4

マクロファージ

好中球

問5

$$65 \times 25 \times 6 = 9,750$$

問6

$$9,750 \times ([30 \times 4] + [40 \times 5]) = 3,120,000$$

問7

A

挿入

B

欠失

問8

C

ウ

得 点

生 物

2

問1 細胞内共生説

問2	(1)	e	(2)	e	(3)	f
	(4)	d	(5)	a		

問3

$$C:G:A:T = 0.2: 0.2: 0.3: 0.3$$

$$160000 \times 2 \text{ (二本鎖)} \times 0.3 = 96000$$

問4

$$160000 / 2 \times 800 \text{ (両方向複製)} = 100 \text{ (秒)}$$

問5	(1)	(ア)	
	(2)	(I)	ベクター
		(II)	DNAリガーゼ

問6

葉緑体DNAに目的の外来遺伝子を導入した組換え作物を作成する。花粉は雄性配偶子より作られるため雌性配偶子によってのみ伝えられる葉緑体内のDNAは花粉により環境中へ流出しないと考えられる。

	得点
生 物	

3

問1

1	温室効果	2	外胚葉	3	内胚葉
4	相利共生	5	生態系		

問2

(1)	$6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
(2)	2 CO ₂ mg/ 表面積 cm ² ・時 h
(3)	22 CO ₂ mg/ 表面積 cm ² ・時 h
(4)	呼吸によって放出される二酸化炭素の量と光合成によって消費される二酸化炭素の量が同じであったため。

問3

解糖系	クエン酸回路	電子伝達系
-----	--------	-------

問4

無	性	的	に	増	や	し	た	サ	ン	ゴ	は	全	て	遺	伝	的	に	ク	ロ
一	ン	で	あ	る	た	め	、	無	性	的	に	増	や	し	た	移	植	サ	ン
ゴ	は	、	有	性	生	殖	に	よ	っ	て	増	殖	し	た	サ	ン	ゴ	に	比
較	し	て	遺	伝	的	多	様	性	が	低	い	た	め	、	環	境	の	変	動
に	対	す	る	適	応	力	が	低	い	と	考	ら	れ	る	こ	と	。		

60字

120字

得点

生物

4

問1

1	種分化	2	大進化	3	小進化
4	霊長類	5	類人猿	6	直立二足

問2

イ

問3

ドメイン1	細菌ドメイン
ドメイン2	古細菌ドメイン
ドメイン3	真核生物ドメイン

リ	ボ	ソ	ー	ム	R	N	A	遺	伝	子	が	用	い	ら	れ	た	。	そ	の	理	由	は	全	て
の	生	物	が	持	つ	遺	伝	子	だ	か	ら	。												

50字

問4

適応放散

問5

コケ植物	シダ植物	種子植物
------	------	------

	得点
生 物	

地 学 解 答 用 紙

受験番号

総点

1

問 1

(ウ)

問 2

A の高気圧	(北) 太平洋高気圧 (小笠原高気圧)
B の高気圧	オホーツク海高気圧

問 3

海洋に比べて陸地は冷えやすいため、冬になると日射の弱まる大陸上で高気圧が発達するから。(43 字)

問 4

風向	北 (風)
根拠	地表面付近において、風は高気圧を右に見つつ、やや高気圧から離れる方角に吹くから。(40 字)

問 5

北半球では、寒冷前線の西側では寒気が南下しており、東側では暖気が北上している。このプロセスを通じて、熱エネルギーが低緯度側から高緯度側に運ばれており、緯度ごとの受熱量の違いを解消するのに役立っている。(100 字)

小 計

問 1

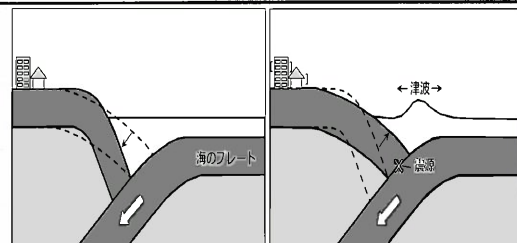
A	太平洋プレート	B	ナスカプレート
C	南アメリカプレート	D	アフリカプレート
E	南極プレート	F	ユーラシアプレート

問 2

d, e, g, h

問 3

プレートの収束する a 地点と同じ型の境界では、海のプレートの沈み込みに伴い陸型のプレートがゆっくりと沈降し、地震の際に急激に隆起するような地殻変動が起きる。発震機構は逆断層型である。



問 4

選択した説	大陸移動説 or 海洋底拡大説
説明	大陸移動説：現在離れている各大陸が元は 1 つの大きな大陸（パンゲア）であったと考えると、各大陸の地質構造や地質時代の気候帯、生物の分布がうまく説明できるという考え方。 海洋底拡大説：マントル物質が海嶺のところで上昇し、海洋底がつくられ、この海洋底が海嶺の両側へ移動し、マントル物質が下降する海溝付近で地球内部に入っていくという考え方。

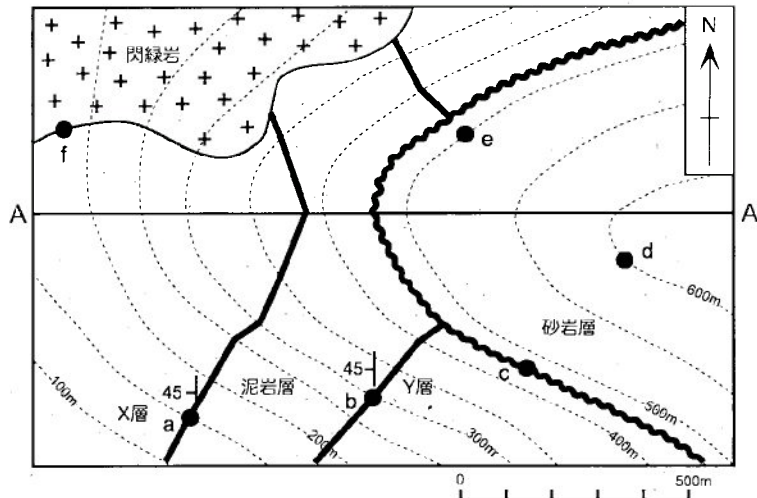
問 5

選択した技術	VLBI or GPS
説明	VLBI：クエーサーからの電波を受信して、地表の 2 地点間の距離を精密に求める技術。 GPS：地球のまわりを回る複数の人工衛星からの電波を受信して位置を決める測量法。

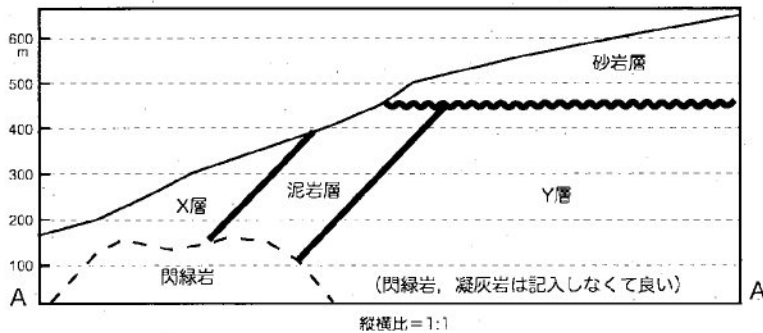
小 計

3

問 1



✖ 問 2



問 3

0.02 mm/年

✖ 問 4

約175m (±10m)

問 5

黒雲母(または角閃石)

問 6

石灰岩

問 7

Y層の堆積後、泥岩層、X層が整合に堆積した。フズリナの化石から古生代の間と考えられる。その後、5000万年前に閃緑岩が貫入した。これらの地層は隆起し地表に現れ侵食され、侵食面には基底レキ岩が堆積した。その後沈降し、500万年間以上、砂の堆積が続いた。その間に2回の火山活動に由来する火山灰が堆積した。

4

問 1

1	黒体	2	シュテファン・ボルツマン
3	ウィーン	4	見かけの
5	絶対		

問 2

A	$-\frac{2}{5}$	B	$10^{\frac{2}{5}(m_2-m_1)}$
C	$\frac{100}{d^2}$		

問 3

D	$m + 5 - 5\log_{10} d$
導出 式(4)より、L/L_{10}を M, m で表わすと $\frac{L}{L_{10}} = 10^{\frac{2}{5}(M-m)}$ 従って $\frac{L}{L_{10}} = 10^{\frac{2}{5}(M-m)} = \frac{100}{d^2}$ より、底を 10 とする対数をとると $\frac{2}{5}(M-m) = 2 - 2\log_{10} d$ $M = m + 5 - 5\log_{10} d$	

問 4

(エ)
根拠 ウィーンの変位則の式(2)より放射エネルギーが最大になる電磁波の波長は表面温度が高くなるほど短くなる。従って電磁波の波長が長い順からとなり、赤色、黄色、青色となる。

小 計