

令和7年度入学試験問題（前期日程）

理 科

物 理	1 ページから	8 ページまで
化 学	9 ページから	15 ページまで
生 物	16 ページから	23 ページまで
地 学	24 ページから	29 ページまで

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄に記入すること。
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 ~ ⑱ 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 図1-Iに示すように、床の上に質量 M の板状の物体 A を置き、その上に、質量が m で大きさを無視できる物体 B を置いた。最初、A と B はともに静止している。水平な床の上に固定された x 軸をとり、B の x 座標は $x = 0$ とする。その後、A を一定の大きさ F の外力で x 軸の正の向きに引っ張ったところ、A と B の間の摩擦力により A と B が異なる加速度で動き出した。A と B の間の動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g とし、A と床の間の摩擦、および、空気抵抗は無視できるものとする。このとき、A の加速度の大きさは ① となる。また、A を引っ張り始めてから B が $x = L$ の位置に到達するまでにかかる時間は ② となる。ただし、A は十分に長く、B が $x = L$ の位置に到達するまで A から落下することはないとする。

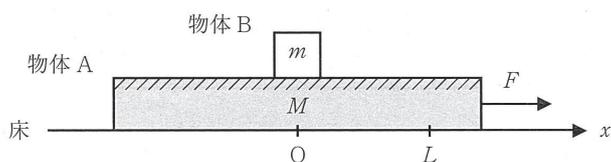


図 1-I

問2 長さ L 、質量 m の一様な剛体の棒 AB がある。図 1-II のように、地面に垂直な壁にその左端 A を押し当て、右端 B と壁との間には糸を張る。左端 A での剛体棒と壁のなす角を θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$)、壁と糸のなす角を 90° としたとき、右端 B における糸の張力の大きさは ③ と表すことができる。ただし、A と壁の間の摩擦力により A の位置は動かないものとし、重力加速度の大きさは g とする。

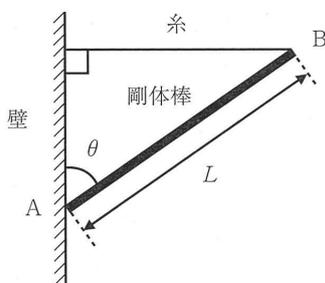


図 1-II

問3 熱容量が $4.2 \times 10^2 \text{ J/K}$ で 50°C に温められた容器を断熱材で囲み、その容器の中に 50°C の水を 100 g 入れた。その水の中に 90°C に熱した 400 g の金属球を入れて十分に時間がたったとき、水、容器、金属球の温度が全て 60°C になった。水の比熱容量(比熱)を $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とすると、金属球の比熱容量は ④ $\text{J/(g}\cdot\text{K)}$ になる。

問4 なめらかに動くピストンのある容器に、物質量 1 mol の単原子分子理想気体を封入した。気体の温度を T に保ったところ、気体の体積が V で熱平衡状態になった。その後、ピストンをゆっくり押し込んで、体積を半分に圧縮させることを考える。気体定数を R とする。

- (1) 圧縮過程が等温変化であるとき、圧縮後の圧力は である。
 (2) 圧縮過程が定圧変化であるとき、ピストンが気体にする仕事は である。
 (3) 圧縮過程が断熱変化であるとき、圧縮後において

- ⑦
- (ア) 内部エネルギーは圧縮前と変わらず、圧力は等温変化と同じである。
 - (イ) 内部エネルギーは圧縮前と変わらず、圧力は等温変化に比べて増加する。
 - (ウ) 内部エネルギーは圧縮前と変わらず、圧力は等温変化に比べて減少する。
 - (エ) 内部エネルギーは圧縮前より増加し、圧力は等温変化と同じである。
 - (オ) 内部エネルギーは圧縮前より増加し、圧力は等温変化に比べて増加する。
 - (カ) 内部エネルギーは圧縮前より増加し、圧力は等温変化に比べて減少する。

問5 図1—Ⅲに示すように、振動数 f の音源が静止している観測者に向かって速度 v で動いている。音源の背後には壁があり、音源から発せられた音は、壁で反射されるものとする。音速を V とすれば、音源から観測者に直接届く音の振動数と壁で反射されたのちに届く音の振動数の差の絶対値は となる。ただし、 $v < V$ とする。

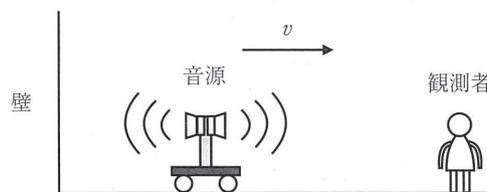
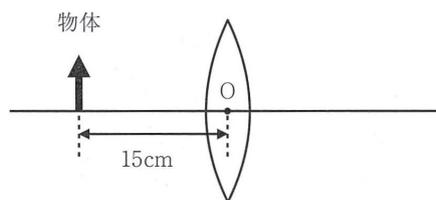


図1—Ⅲ

問6 図1—Ⅳに示すように、焦点距離 10 cm の凸レンズ A を設置し、レンズの中心 O の左側 15 cm の位置に物体を置いた。このとき、倒立像が O の右側 cm の位置に生じる。また、物体の位置をずらして、倒立像の倍率を 5 倍にするためには、物体と O との距離を cm にすれば良い。



凸レンズ A

図1—Ⅳ

問7 図1—Vに示すように、水面下の深さ H の位置にある点光源から発せられた光が、水面の上部の観測者には深さ h の位置から発せられたかのように、光源の位置が浮き上がって見えた。光の入射角を i 、屈折角を r 、水の絶対屈折率を n 、空気の絶対屈折率を 1 とする。深さの比 $\frac{h}{H}$ は、 i と n を用いると $\boxed{\text{⑪}}$ のように表すことができる。

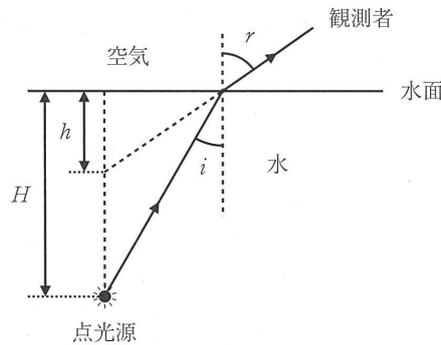


図1—V

問8 図1—VIに示すように、 x 軸上の $x = -r$ の位置に電気量 q の点電荷、 $x = r$ の位置に電気量 $2q$ の点電荷がある。電位の基準を無限遠点にとり、クーロンの法則の比例定数を k とすれば、 x 軸上の $x = \frac{1}{3}r$ の位置における電位は $\boxed{\text{⑫}}$ となる。

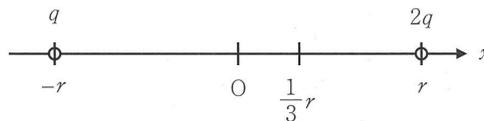


図1—VI

問9 電圧 V の電池に電気容量 (静電容量) C のコンデンサーをつなぎ、その極板間に比誘電率 ϵ_r の誘電体を挿入した。コンデンサーの電気容量とコンデンサーに蓄えられる電気量に関して、誘電体の挿入の前と比較した挿入後の変化として最も適切なものは、下記の(ア)~(ク)の選択肢のうち $\boxed{\text{⑬}}$ である。

	電気容量	蓄えられる電気量
(ア)	変化しない	変化しない
(イ)	変化しない	ϵ_r 倍
(ウ)	変化しない	$(1/\epsilon_r)$ 倍
(エ)	ϵ_r 倍	変化しない
(オ)	ϵ_r 倍	ϵ_r 倍
(カ)	ϵ_r 倍	$(1/\epsilon_r)$ 倍
(キ)	$(1/\epsilon_r)$ 倍	変化しない
(ク)	$(1/\epsilon_r)$ 倍	ϵ_r 倍
(ケ)	$(1/\epsilon_r)$ 倍	$(1/\epsilon_r)$ 倍

問10 図1—Ⅶに示すように、4つの抵抗を2.0Vの起電力の電池につなげた回路がある。抵抗はそれぞれ $R_1 = R_2 = R_3 = 1.0 \Omega$, $R_4 = 3.0 \Omega$ である。また、電池の内部抵抗は無視できるものとする。まず、スイッチSを開けたときに、点Pを流れる電流の大きさは Aである。スイッチSを閉じたとき、点Qを流れる電流の大きさは Aとなる。

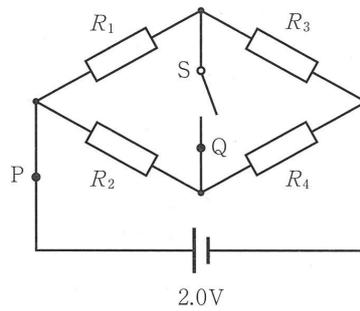


図1—Ⅶ

問11 図1—Ⅷ(a)に示すように、大きさ I の電流が流れている十分に長い直線状の導線Pが、真空中に設置されている。Pに対して垂直方向に、Pから距離 d だけ離れたところに平行導線Q, Rがあり、いずれも大きさ I の電流がPと同じ向きに流れている。P, Q, Rと垂直に交わる平面をとり、その平面とP, Q, Rとの交点をそれぞれA, B, Cとする。角BACが 90° であるとき、Pの長さ L の部分が受ける力の大きさは である。ただし、真空の透磁率を μ_0 とし、円周率を π とする。また、この力の向きとして最も適切なものは、図1—Ⅷ(b)の選択肢(ア)~(ク)のうち である。ただし、図1—Ⅷ(b)では、電流は紙面の裏から表の向きに流れているものとする。



図1—Ⅷ

問12 放射性原子核(放射能をもつ原子核)は、放射線を放出して他の原子核に変わる。トリウム ${}^{232}_{90}\text{Th}$ は α 崩壊を 回、 β 崩壊を 回行い、鉛 ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ になる。

2 以下の A, B の各問に答えよ。(30 点)

A 図 2—I のように、水平でなめらかな床の上に点 A, 点 B, 点 C が等間隔 L で並んでおり、点 A の鉛直上方の高さ $8h$ の場所に点 D がある。点 D には質量 m の小球がある。小球と床との反発係数を $\frac{1}{2}$, 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。

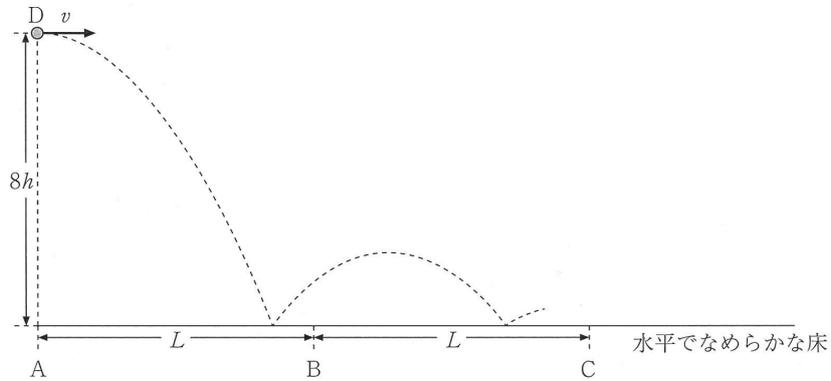


図 2—I

点 D の小球を水平右向きに速さ v で打ち出した。

問 1 小球が最初に床と衝突する直前の小球の速度の鉛直成分の大きさを m, g, h のうち必要なものを用いて表せ。また、小球と床との最初の衝突が点 B の手前であるような v の上限を求めよ。

問 2 小球が打ち出されてから 2 回目に床と衝突するまでの時間を t_1 としたとき、2 回目の床との衝突が点 B と点 C の間 (端点を含まない) であるための必要十分条件は、 $v_1 < v < v_2$ となることである。 v_1 と v_2 を、 t_1 と L を用いて表せ。また、 t_1 を、 m, g, h のうち必要なものを用いて表せ。

次に、図 2—II のように、点 B に床から鉛直上方に伸びた高さ h で厚さを無視できる障害物を設置する。この条件のもとで、改めて点 D の小球を水平右向きに速さ v で打ち出した。

問 3 点 D から打ち出した小球が点 A と点 B のあいだで床と衝突し、続いて点 B にある障害物の上を越えるための v の下限を、 m, g, h, L のうち必要なものを用いて表せ。

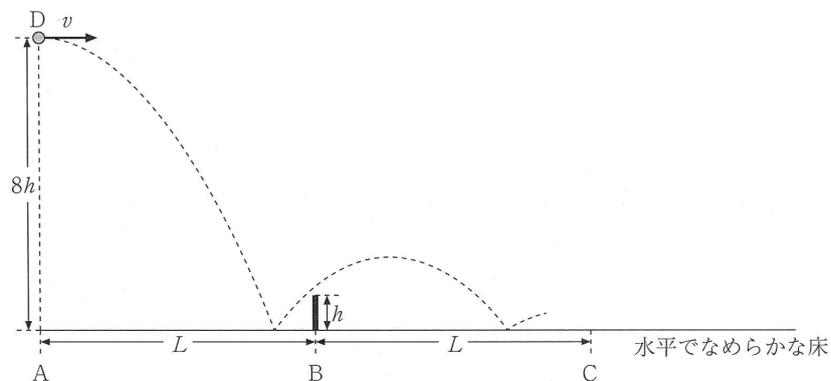


図 2—II

B 図2—Ⅲのように、質量 m の小球に、ばね定数がそれぞれ k_1, k_2 で自然の長さが $\frac{L}{2}$ の2本の軽いばねの一端を取り付ける。そして、他端 A, B を、2本のばねが一直線になるように、なめらかな水平面上に L だけ離して固定した。小球の大きさとばねの太さは無視できるものとする。ばねに沿って右向きを正とした x 軸をとり、AB の中点を原点 O とする。重力加速度の大きさを g 、円周率を π とする。

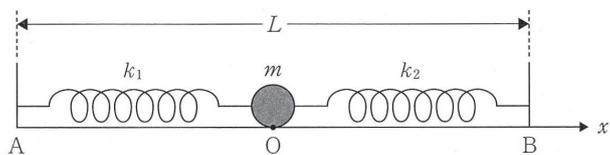


図2—Ⅲ

静止している小球に、時刻 $t = 0$ において初速度 $v_0 (> 0)$ を与えたところ、小球は x 軸に沿って単振動を始めた。

問4 小球の変位の最大値 x_0 を求めよ。

問5 小球の変位が最初に $x = \frac{x_0}{2}$ となるとき時刻を求めよ。

続いて、図2—Ⅳのように、小球に2つのばねを取り付けたまま、A を内面がなめらかな円錐形容器の頂点に、B を円周上に固定した。AB の長さは L である。容器は水平面上に置かれ、図2—Ⅳに示す円錐の母線と水平面のなす角度を θ とする。また、小球は容器に固定された直線 AB 上を動くものとする。

問6 容器と小球がともに静止しているときの小球の位置を P とする。距離 AP を求めよ。

頂点 A を通り水平面に垂直な軸を回転軸として、容器と小球が一体となって、一定の角速度で回転している。そのとき、ばねは自然の長さに保たれていた。

問7 小球にはたらく垂直抗力の大きさを m, g, θ を用いて表せ。

問8 小球の角速度の大きさを m, g, L, θ から必要なものを用いて表せ。

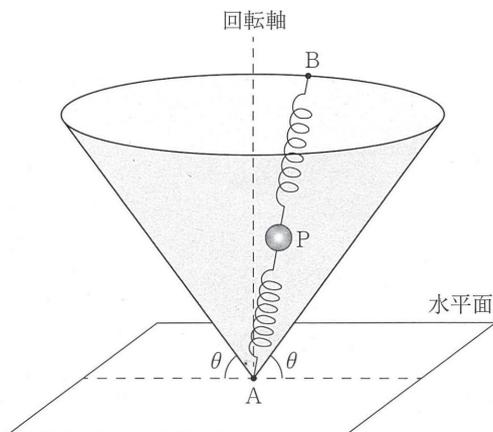


図2—Ⅳ

3 以下の A, B の各問に答えよ。(30 点)

A 図 3-I のように、内部抵抗が無視できる起電力 V , $2V$ の 2 個の電池、電気容量(静電容量) $3C$, $2C$, C の 3 個のコンデンサー、切り替えスイッチ S 、スイッチ端子 a , b からなる回路がある。また、各コンデンサーは $3C$, $2C$, C と呼ぶことにする。はじめに、スイッチは開いており、全てのコンデンサーに電荷は蓄えられていないものとする。

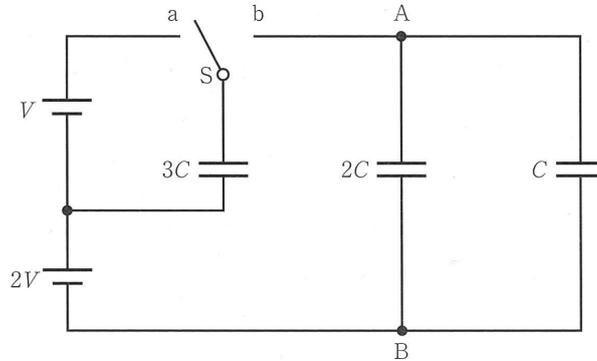


図 3-I

はじめの状態から、スイッチ S をスイッチ端子 a につないで十分に時間が経過した後の時刻を t_1 とする。

問 1 時刻 t_1 において、コンデンサー $3C$ に蓄えられた静電エネルギー U を V , C を用いて表せ。

次に、スイッチ端子 a を開き、スイッチ端子 b を閉じて十分に時間が経過した時刻を t_2 とする。ここで、点 B を基準とした点 A の電位を V_{AB} とする。

問 2 時刻 t_2 において、コンデンサー $2C$ に蓄えられた電気量 Q_2 を V_{AB} , C を用いて表せ。

問 3 時刻 t_2 において、電位 V_{AB} を V を用いて表せ。

最後に、スイッチ端子 b を開き、スイッチ端子 a を閉じて十分に時間が経過した後、再びスイッチ端子 b を閉じ十分に時間が経過した時刻を t_3 とする。

問 4 時刻 t_3 において、電位 V_{AB} を V を用いて表せ。

B 図3—IIのように、 x 軸と y 軸をとり、 x 軸の正の向きを右向き、 y 軸の正の向きを上向きにとる。また、 x 軸と y 軸に直交する方向を z 軸方向にとり、 z 軸の正の向きを紙面の裏から表の向きにとる。図3—IIのように、空間を $y < 0$ の領域a、 $0 \leq y \leq d$ の領域b、 $y > d$ の領域cの3つの領域に分ける。領域aと領域cには z 軸に平行な方向に磁束密度の強さ B の一樣な磁場(磁界)がある。また、領域bには y 軸の正の向きに強さ E の一樣な電場(電界)がある。電場と磁場の両方がある領域はない。はじめに、原点 O において、電気量 q の正電荷をもつ質量 m の荷電粒子に y 軸の負の向きで大きさ v の初速度を与えると、荷電粒子は領域aで図3—IIの破線の半円に沿って運動をした。荷電粒子の大きさ、および、重力や空気抵抗の影響は無視できるものとする。

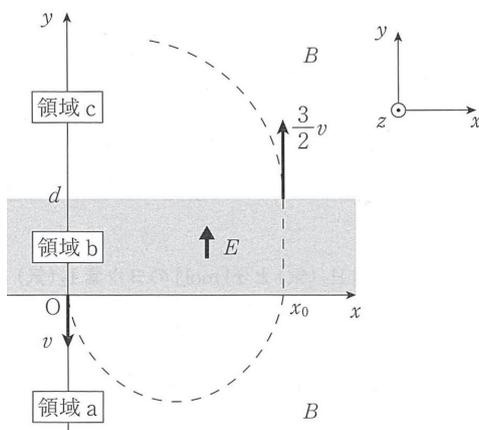


図3—II

問5 荷電粒子が図3—IIの破線に沿った運動をしたとき、領域aと領域cにある磁場の向きとして最も適切な向きを z 軸の正と負の向きから選択し、解答欄の正と負の適切な方を丸で囲め。

問6 荷電粒子が領域aと領域bの境界である x 軸に初めて到達したときの荷電粒子の x 座標 x_0 を求めよ。

荷電粒子は、領域bを通過した後、図3—IIのように、 y 軸の正の向きに速さ $\frac{3}{2}v$ で領域cに進出した。

問7 電場の強さ E を m 、 q 、 v 、 d の中から必要なものを用いて表せ。

問8 荷電粒子は領域cで再び半円に沿って運動をした。領域cにおいて半円を移動するのに要する時間 T_1 と領域aにおいて半円を移動するのに要する時間 T_0 の比 $\frac{T_1}{T_0}$ を求めよ。

荷電粒子は、領域cで半円に沿って運動をした後、 $y = d$ において再び領域bに進出し、領域aに再び到達した。

問9 $y = d$ において領域bに進出してから領域aに到達するまでの時間を m 、 q 、 v 、 E の中から必要なものを用いて表せ。 d を用いてはならない。

問10 最初の原点からの領域aへの入射から、荷電粒子が領域a→領域b→領域c→領域bと移動し、最後に領域bと領域aの境界である x 軸に到達する 360° の回転運動を n 回繰り返したとき、荷電粒子は x 軸の負の領域にある。そのときの x 座標を x_0 と n を用いて表せ。

化 学

必要があれば原子量は次の値を使いなさい。

H = 1.00	C = 12.0	N = 14.0	O = 16.0	Na = 23.0	S = 32.0
Cl = 35.5	Zn = 65.4	Ag = 107.9	I = 126.9	Pb = 207.2	

1 以下の A, B の文章を読んで、各問に答えなさい。(25 点)

A. 次の操作 1～4 の実験を行った。

ただし、これらの実験において、反応に伴って生じる熱量 Q はエンタルピー変化 ΔH と次の関係にあるとする。

$$Q = -\Delta H$$

操作 1 一定容積の密閉容器内で x [mol] の水素 H_2 (気) と x [mol] のヨウ素 I_2 (気) を混合するとヨウ化水素 HI (気) が生成し、しばらくすると以下の式で表される平衡状態に達した。



操作 2 次に温度を一定に保ったまま、さらに水素 H_2 (気) を x [mol]、ヨウ素 I_2 (気) を x [mol] 加えたところ新たな平衡状態になった。そのときのヨウ化水素 HI (気) の物質量は y [mol] であった。

操作 3 ヨウ化水素 HI (気) y [mol] をすべて水に溶かし、体積 V [L] のヨウ化水素酸 (HI 水溶液) を調製した。

操作 4 操作 3 で調製した HI 水溶液を断熱容器に入れ、水酸化ナトリウム NaOH (固) y [mol] を加えたところ、温度が ΔT [K] 上昇した。

問 1 式①で表される反応について、以下の(1)～(3)の間に答えなさい。

(1) H-H, I-I, H-I の結合エネルギーをそれぞれ 436 kJ/mol, 150 kJ/mol, 298 kJ/mol としたとき、ヨウ化水素 HI の生成エンタルピー ΔH_1 [kJ/mol] を求めなさい。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) 水素 H_2 (気) とヨウ素 I_2 (気) からヨウ化水素 HI (気) が生成する反応は、吸熱反応と発熱反応のどちらか、答えなさい。

(3) 密閉容器内の温度を上げると、式①で表される平衡はどちらの方向に移動するか、次の(ア)～(ウ)の選択肢の中から選び、記号で答えなさい。

(ア) 右方向に移動する (イ) 左方向に移動する (ウ) どちらの方向にも移動しない

問2 操作1と操作2の結果に基づいて、以下の(1)と(2)の間に答えなさい。

- (1) 操作2で得られたヨウ化水素 HI (気) の物質量 y [mol] を用いて、操作1の平衡状態におけるヨウ化水素 HI (気) の物質量 (mol) を答えなさい。
- (2) $x = 9.0$ mol, $y = 14$ mol のとき、操作1の式①の平衡定数を求め、次の(ア)~(カ)の選択肢の中から最も適当な値を選び、記号で答えなさい。

(ア) 0.16 (イ) 0.49 (ウ) 1.6 (エ) 4.9 (オ) 16 (カ) 49

問3 ヨウ化水素 HI の電離度を 1、水のイオン積を K_w とするとき、操作3で調製した HI 水溶液の OH^- の濃度 (mol/L) を y 、 V 、 K_w を用いて表しなさい。

問4 操作4について、以下の(1)と(2)の間に答えなさい。

- (1) 水酸化ナトリウム NaOH (固) の溶解エンタルピーを ΔH_2 [kJ/mol]、ヨウ化ナトリウム NaI 水溶液の重量を M [g]、ヨウ化ナトリウム NaI 水溶液の比熱を C [kJ/(g·K)] とするとき、中和エンタルピー ΔH_3 [kJ/mol] を ΔT 、 ΔH_2 、 M 、 C 、 y を用いて表しなさい。ただし、断熱容器内で発生した熱は、すべて生成したヨウ化ナトリウム NaI 水溶液の温度上昇に使われるものとする。なお、比熱は物質 1 g の温度を 1 K 上昇させるのに必要な熱量であり、温度によって変化しないものとする。
- (2) $y = 14$ mol のとき、操作4で得られたヨウ化ナトリウム NaI 水溶液を蒸発して完全に乾燥することで得られるヨウ化ナトリウム NaI (固) の質量 (kg) を求めなさい。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。

B. 次の2つの実験 B1 および B2 を行った。

実験 B1 1.5 mol/L の過酸化水素水 (過酸化水素 H_2O_2 の水溶液) 10.0 mL に対して、少量の粒状酸化マンガン (IV) MnO_2 を加えると、過酸化水素 H_2O_2 が分解され水と酸素が生じた。 ^(a) 過酸化水素濃度は、反応開始から 60 秒後には 1.15 mol/L に減少し、120 秒後には 0.95 mol/L まで減少していた。

実験 B2 粒状酸化マンガン (IV) MnO_2 を砕いて、粉状まで細かくした。これを用いて、実験 B1 と同じ操作を行い、過酸化水素濃度の時間変化を調べた。その結果、実験 B1 より反応速度が大きくなった。

問5 下線部(a)について、反応前後で酸化マンガン (IV) MnO_2 は変化せずに、反応速度を大きくする役割を果たした。このような物質を何というか、名称を答えなさい。

問6 実験 B1 において、反応開始後 60 秒から 120 秒における過酸化水素 H_2O_2 の平均分解速度 v [mol/(L·s)] を求めなさい。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。

問7 実験 B2 において、反応速度が大きくなった理由を 50 字程度で答えなさい。

2 以下の A, B の文章を読んで、各問に答えなさい。構造式は図 I の例にならって書きなさい。(25 点)

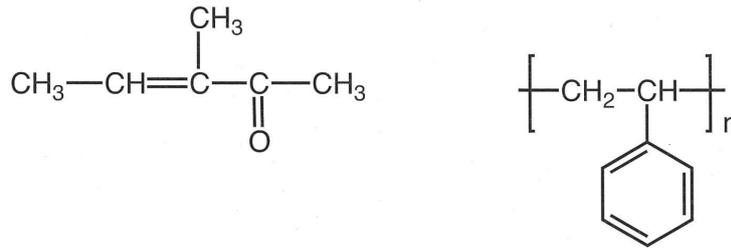


図 I 構造式の例

A. 有機化合物を構成する元素の種類は比較的少ないにもかかわらず、化合物の種類は極めて多い。その理由として、炭素原子がさまざまな共有結合の形式をとり、安定な化合物を形成することがあげられる。2つの炭素原子から構成される炭化水素を下記の(ア)~(ウ)に示した。

(ア) エタン (イ) エチレン (ウ) アセチレン

問 1 炭化水素(ア)~(ウ)を炭素原子間の距離が長い順に並べ、記号で答えなさい。

問 2 炭化水素(ア)~(ウ)のうち、分子を構成している原子がすべて同一平面上にあるものをすべて選び、記号で答えなさい。ただし、該当するものがない場合は「×」と記入しなさい。

問 3 炭化水素(ア)~(ウ)のうち、臭素水に通じた時、臭素の赤褐色が消えるものをすべて選び、記号で答えなさい。ただし、該当するものがない場合は「×」と記入しなさい。

問 4 炭化水素(ア)~(ウ)のうち、一方の炭素原子を固定したとき、炭素-炭素結合を軸に他方の炭素原子が自由に回転できるものをすべて選び、記号で答えなさい。ただし、該当するものがない場合は「×」と記入しなさい。

問 5 炭化水素(ア)~(ウ)のうち、炭化カルシウムと水の反応から得られるものをすべて選び、記号で答えなさい。ただし、該当するものがない場合は「×」と記入しなさい。

問 6 硫酸水銀(II) HgSO_4 の存在下で、アセチレンに水を付加させると、不安定な中間体(化合物 R)を経て、その異性体である安定な化合物 S が生じる。化合物 R および化合物 S の名称と構造式をそれぞれ書きなさい。

B. 鎖式ジエン化合物とは分子内に二重結合を 2 つ持つ鎖式炭化水素のことである。イソプレンは鎖式ジエン化合物の 1 つである。アルケンや鎖式ジエン化合物は、付加重合させると高分子を生ずる。分子式 C_3H_6 で示されるアルケンを化合物 X, 分子式 C_4H_6 で示される鎖式ジエン化合物を化合物 Y として次の 3 つの実験を行った。

実験 1 化合物 X を付加重合させると高分子の樹脂が生成した。

実験 2 化合物 Y を付加重合させると、高分子化合物が生成した。これはタイヤやホースなどに使われる合成ゴムである。

実験 3 化合物 Y とスチレンとを共重合させると、化合物 Y とスチレンの物質量が 5 : 2 の割合で構成される高分子化合物が生成した。また、この高分子化合物の平均分子量は 7.17×10^4 であった。

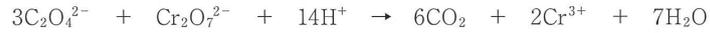
問7 実験1より、化合物 X の名称と樹脂の構造式を書きなさい。

問8 実験2より、化合物 Y の名称と合成ゴムの構造式を書きなさい。

問9 実験3で生成した高分子化合物は、化合物 Y がいくつ重合したのか、求めなさい。ただし、小数点以下を切り捨てて整数で答えなさい。

3 以下の各問に答えなさい。(25点)

問1 酸化還元反応において、それぞれの反応を電子 e^- を使って表したイオン反応式のことを半反応式という。次のシュウ酸イオンと二クロム酸イオンの酸化還元反応において、酸化剤と還元剤の半反応式をそれぞれ書きなさい。



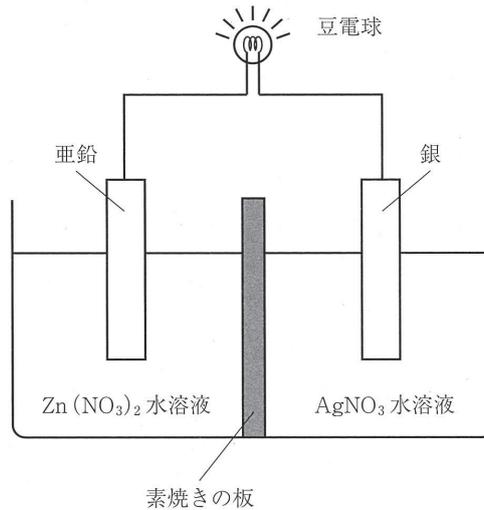
問2 次の文章を読んで、以下の(1)と(2)の問に答えなさい。

異なる2種類の金属を電解質水溶液に浸すと電池ができる。それらを導線でつないで回路を形成すると、 が大きい金属から小さい金属へ電子が流れて電流が流れる。この現象を放電という。また、このときの2種類の金属を電極とよび、 反応が起きる電極を負極といい、 反応が起きる電極を正極という。

電解質水溶液に2つの電極を浸し、電池などの外部電源を用いて直流電流を流すと、電極表面で水溶液中の物質または電極自身が酸化還元反応を起こす。これを電気分解という。

(1) 上の文章中の ~ にあてはまる最も適切な語句を、それぞれ答えなさい。

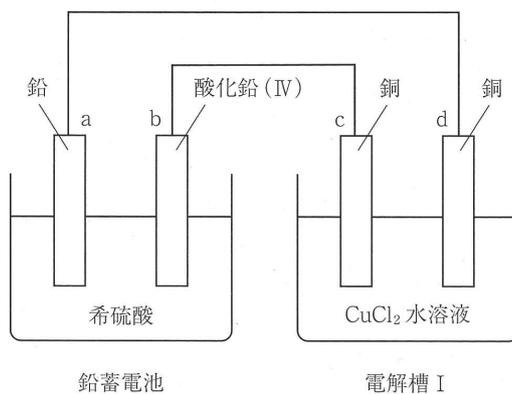
(2) 図Ⅱに示す電池を組み立てた。回路を閉じる前の亜鉛電極の質量は10.0 g、銀電極の質量は10.0 gであった。放電して X [mol] の電子が流れた場合、放電後の亜鉛電極と銀電極の質量 (g) の合計を、 X を用いた式で答えなさい。



図Ⅱ

問3 次の文章を読んで、以下の(1)~(4)の問に答えなさい。

鉛蓄電池を用いて図Ⅲのように回路を組み、電解槽Ⅰの電気分解を行った。



図Ⅲ

- (1) 鉛蓄電池の放電時における負極および正極での酸化還元反応を、それぞれ半反応式で書きなさい。
- (2) 電極 a ~ d のうち、電気分解後に質量が増加するものをすべて選び、記号で答えなさい。
- (3) 電極 a ~ d のうち、電極表面上で気体が発生する電極を1つ選び、記号で答えなさい。また、発生した気体の化学式を答えなさい。
- (4) 鉛蓄電池から流れた電気量は 19300 C であった。電極 a の質量の変化量 (g) を求めなさい。ただし、増加した場合は+、減少した場合は-の符号を数値の前に付して、有効数字は2桁とし、3桁目を四捨五入して答えなさい。ファラデー定数は $9.65 \times 10^4\text{ C/mol}$ とする。

4 以下の文章を読んで、各問に答えなさい。(25点)

硫黄の単体には主に , 単斜硫黄, の3つの同素体が存在する。 は常温で安定な黄色の結晶であり, は無定形で弾力性のある物質である。硫黄を空气中で燃焼すると青い炎をあげて になる。また, 硫黄は高温で鉄と反応し, 硫化鉄(II)を生じる。硫化鉄(II)に希硫酸を加えると, 無色で腐卵臭のある硫化水素が発生する。硫化水素には強い還元性があり, と混合すると硫黄を生じる。^(a) 水に対する硫化水素の溶解度は比較的大きく, 水溶液中に硫化水素を通じると次のように2段階で電離する。



ここで, 式①の電離定数を K_1 , 式②の電離定数を K_2 とする。

電離で生じる硫化物イオンは金属イオンの分離や検出に利用される。たとえば, 25℃において銅イオン Cu^{2+} と亜鉛イオン Zn^{2+} をそれぞれ 0.10 mol/L ずつ含む混合水溶液中の金属イオンを分離する場合, ^(c) この水溶液の pH を 1.0 に調整して十分な量の硫化水素を通じると硫化銅(II)が沈殿するが, 硫化亜鉛は沈殿しない。

問1 上の文章中の ~ にあてはまる最も適切な語句を, それぞれ答えなさい。

問2 下線部(a)の化学反応式を書きなさい。

問3 下線部(b)の化学反応式を書きなさい。

問4 K_1 , K_2 , $[\text{H}_2\text{S}]$ および $[\text{H}^+]$ を使って, 水溶液中の硫化物イオン濃度 $[\text{S}^{2-}]$ を表す式を書きなさい。

問5 下線部(c)について以下の(1)~(3)の問に答えなさい。ただし, 硫化水素を通じた水溶液中の硫化水素濃度 $[\text{H}_2\text{S}]$ は $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ で一定とし, 25℃のとき $K_1 = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$, $K_2 = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$ とする。また, 硫化銅(II)と硫化亜鉛の25℃における溶解度積は, それぞれ $6.5 \times 10^{-30} \text{ mol}^2/\text{L}^2$, $2.1 \times 10^{-18} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とする。有効数字は2桁とし, 3桁目を四捨五入して答えなさい。

(1) 硫化水素を通じた水溶液中の S^{2-} の濃度 (mol/L) を答えなさい。

(2) 硫化水素を通じた水溶液中の Zn^{2+} と S^{2-} の濃度の積 (mol²/L²) を答えなさい。また, その値を用いて硫化亜鉛が沈殿しない理由を50字程度で答えなさい。

(3) 硫化銅(II)の沈殿が生成した後, この水溶液中に残っている Cu^{2+} の濃度 (mol/L) を答えなさい。

生 物

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

琉球列島は、生物多様性が高い地域の1つとして世界的に知られている。生物多様性は、単に生物種が多いことを表すのではなく、生態系多様性、種多様性、遺伝的多様性という3つの階層(レベル)からなり、あらゆる階層における相互作用としてとらえる概念である。生態系多様性は、異なる生態系やその内部の相互作用の多様性を示し、生態系サービスの提供や環境の安定性、回復力の点で重要である。生態系が多様であれば、多様な が生じ、多様な種が生活できる。 とは各生物が生態系内で占めている位置である。種多様性は、特定の生態系や地域に存在する種の数と分布を示す。ただし、 の重なりが大きい生物どうしが同所的に存在すると、限られた資源をめぐって が起こり、一方の種が同じ場所からいなくなるか、生活空間を分割する や食物の分割が起こり が分割されてしまう。遺伝的多様性は、ある種や集団内に存在する遺伝情報の多様性をさす。高い遺伝的多様性は、進化を促し、環境の変化や病気などによって全滅するリスクを低下させる。

生物多様性を変化させる要因として、人間の活動による影響が問題となっている。生物の乱獲や外来生物の移入、森林の破壊、^(a)生息地の分断化などの人間の活動により、生物多様性に変化がみられる事例が多く報告されている。肥料や生活排水などが水域に大量に流入すると が進行し、アオコや赤潮がおきることもある。これらの人間の活動の結果、多くの生物種が絶滅の危機に瀕している。こうした絶滅危惧種のリストは、生息状況などをまとめたレッドデータブックとして公開されている。1993年^(b)には、生物多様性の保全を目的とした国際条約が結ばれ、日本を含めた大多数の国連加盟国がこの条約を批准した。

問1 文章中の ~ に入る最も適切な語句を以下の(ア)~(シ)の中から選び、記号で答えなさい。

- (ア) 雑種 (イ) 収れん (ウ) 相変異 (エ) 絶滅の渦 (オ) 種間競争
(カ) 食物連鎖 (キ) 相利共生 (ク) ニッチ (ケ) すみわけ (コ) 群集
(サ) 富栄養化 (シ) 間接効果

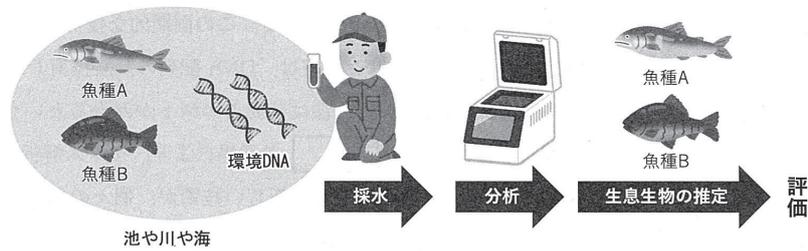
問2 文章中の下線部(a)に関連して、生物多様性の減少に関する記述として誤りを含む文章を以下の(ア)~(オ)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 生物が絶滅する要因として人間活動による間接的な影響と乱獲などの直接的な影響が考えられる。
(イ) 個体数が多く、生態系の維持に重要な存在をキーストーン種という。
(ウ) もともとその生態系にいなかった生物が人為的に持ち込まれた場合、その種は外来生物としてあつかわれる。
(エ) 一度、失われた環境を取り戻すためには、保全に向けた働きかけが必要な場合もある。
(オ) 種が同じであっても遺伝的かく乱による多様性の低下の影響を考慮しなければならない。

問3 文章中の下線部(b)の条約を何というか、以下の(ア)~(オ)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 生物多様性条約 (イ) ワシントン条約 (ウ) ラムサール条約 (エ) SDGs
(オ) 京都議定書

問4 生物多様性を調べるためには、生物を捕獲あるいは採取して現状を把握する必要がある。しかし、生物によって捕獲採取が困難なものも多い。近年の遺伝子解析技術の進歩は、生物多様性研究にも大きく貢献している。環境中に存在する生物由来のDNAのことを環境DNA(eDNA)といい、この環境DNAを分析することにより生息する生物種を推定することができるようになってきた(図I)。



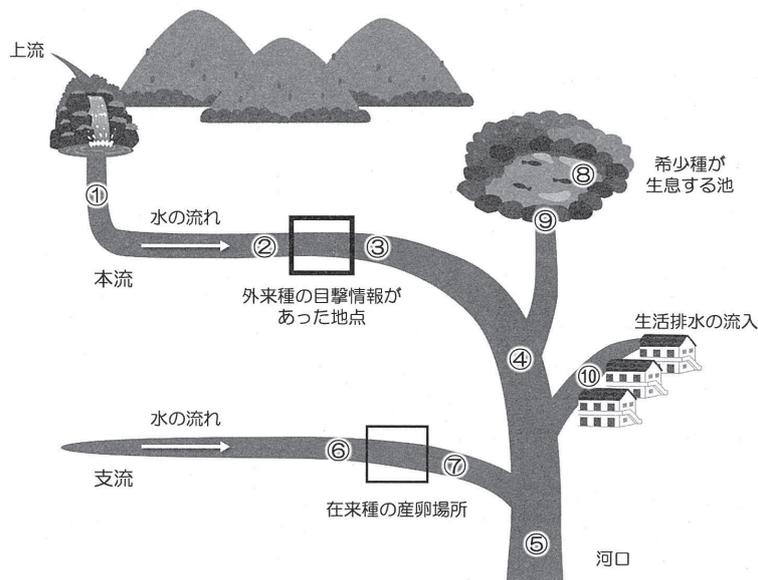
図I 水中の環境DNAを用いた調査のイメージ

ある河川において、侵略的外来種の魚類の目撃情報を得た。図IIは、この河川の俯瞰図である。この外来種が在来種に与える影響を評価するため、環境DNAを用いて、以下に示した3つの目的の調査を実施したい。環境DNAを分析するために採水する調査地点として、どの地点が効率的と考えられるか、目的に最も適した図IIの地点の番号をそれぞれ①～⑩の中から1つ選び、数字で答えなさい。ただし、水中の環境DNAは水の流れて、上流から下流へと流れるものとする。また、採水した水中に特定の種のDNAが多すぎた場合、個体数が少ない種のDNAが検出されにくくなるものとする。

目的1: この河川に目撃情報のあった外来種が生息しているかを確認する。

目的2: 希少種への影響が懸念されるため、その生息地にこの外来種が侵入しているかを確認する。

目的3: 支流にまでこの外来種の分布が広がっているかを確認する。



図II 外来種が目撃情報のあった河川の俯瞰図

問5 環境DNA調査の結果、問4で示した水系には小型の侵略的外来種の魚類が定着していることが確認された。駆除対策の1つとして、この外来種を捕食する肉食性の在来種を他の水系から導入する方法が検討されている。この方法を用いるリスクとして、図IIの河川生態系にどのような影響が予想されるか以下の語句をすべて用いて説明しなさい。

語句: 個体数, 餌資源

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

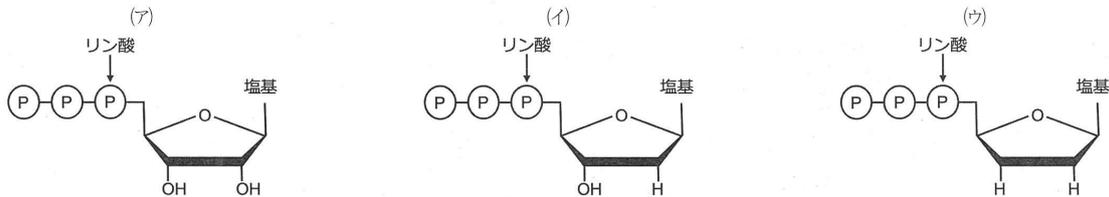
DNAの塩基配列(DNAシーケンス)を解読する技術は、1970年代にサンガーらによって開発されたサンガー法(ジデオキシ法)によって大きく飛躍した。サンガー法は、塩基配列解読対象のDNA、複製の起点となる 1、耐熱性の酵素である 2、4種類の塩基の ^(a)通常ヌクレオチド、^(b)特殊なヌクレオチドを用いて、DNAの複製過程でさまざまな長さのDNA断片を合成し、電気泳動法や蛍光色素標識によって塩基配列を読み取る方法である。この画期的な技術により、ヒトゲノムのような巨大なゲノムの解読が可能となり、生命科学に革命をもたらした。サンガーは、DNA配列の解読技術(サンガー法)を開発した功績により、1980年のノーベル化学賞を受賞している。しかし、サンガー法は時間とコストがかかるという課題があった。その後、ゲノム全体の塩基配列を高速かつ低コストで決定することができる 3 の登場により、ゲノム解析が飛躍的に普及し、様々な分野に応用されるようになってきている。医療分野では、遺伝情報を読み取る新しい技術が、個々の患者に最適な治療をおこなう 4 医療の発展に大きく貢献している。がん(悪性腫瘍)は、主に遺伝子に変異が起こることによって発生する。がん遺伝子パネル検査^(注釈)により、患者それぞれの遺伝情報に基づいて、適切な薬を選択することで、より効果的で副作用の少ない治療が可能となりつつある。しかし、個人の遺伝子検査結果を用いる新しい医療には課題も存在することから、倫理的・法的・社会的な側面からの議論を進めることも重要である。^(c)

^{注釈} 手術などで採取されたがんの組織を用いて、がんの発生にかかわる遺伝子の変化を一度に調べる検査。

問1 文章中の 1 ~ 4 に最も適切な語句を以下の(ア)~(タ)の中から選び、記号で答えなさい。

- | | | | |
|---------------|---------------|-----------|---------------|
| (ア) 制限酵素 | (イ) RNAポリメラーゼ | (ウ) プライマー | (エ) アニールング |
| (オ) 次世代シーケンサー | (カ) PCR法 | (キ) ゲノム編集 | (ク) オーダーメイド |
| (ケ) ベクター | (コ) プラスミド | (ク) iPS細胞 | (シ) トランスジェニック |
| (ス) DNAポリメラーゼ | (セ) マイクロアレイ | (ソ) 遺伝子治療 | (タ) クローニング |

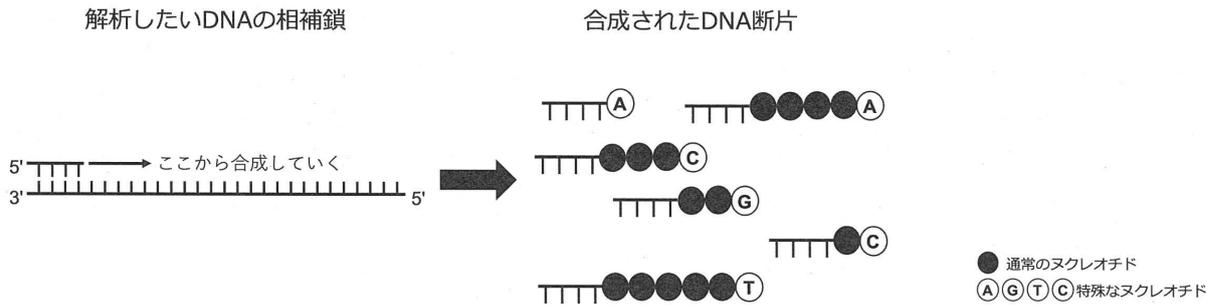
問2 文章中の下線部 ^(a)通常ヌクレオチドおよび ^(b)特殊なヌクレオチドの構造式を以下の(ア)~(ウ)の中から1つ選び、記号で答えなさい。



問3 文章中の下線部(c)に関して、遺伝子検査とその結果の利用・管理に関する文章のうち正しいものを、以下の(ア)~(オ)の中からすべてを選び、記号で答えなさい。

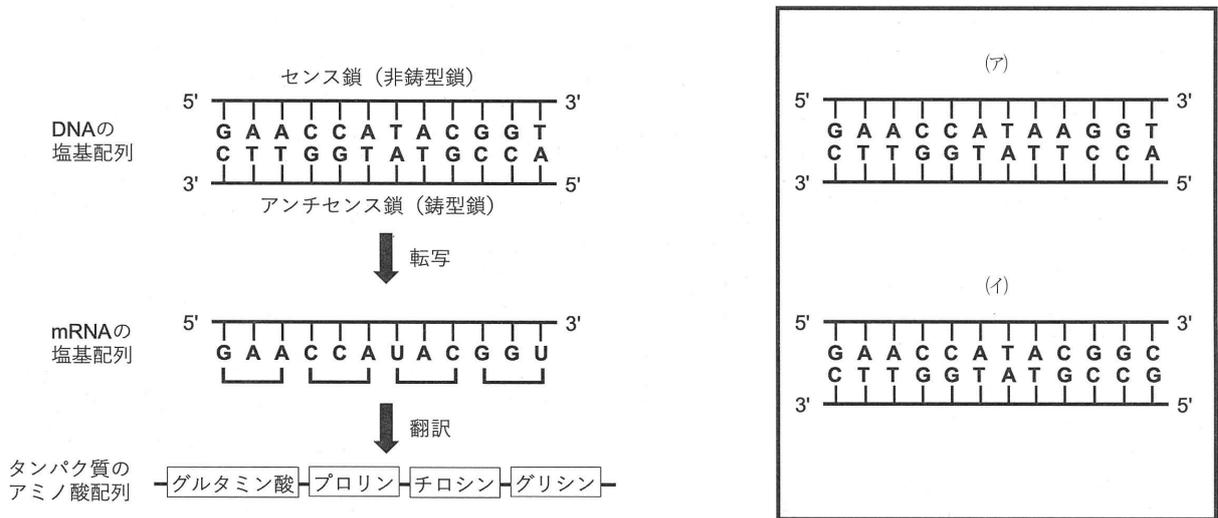
- (ア) 遺伝子検査の結果は、個人のプライバシーに関わる重要な情報であるため、本人の明確な同意なしに、第三者に開示してはならない。
- (イ) 遺伝子情報に基づき特定の疾患をもつ可能性が高いという理由で、医療保険の加入を拒否したり、職場で解雇したりすることができる。
- (ウ) 遺伝情報は、個人のプライバシーに関わるものであり、本人の同意なく収集・利用されるべきではないが、法的な規制は不要である。
- (エ) 遺伝子検査の結果は、専門家による遺伝カウンセリングなど、適切な情報提供と支援を受けた上で、本人が理解し納得した上で利用されるべきである。
- (オ) 研究目的での遺伝子情報の利用は、将来の医療の発展に貢献する可能性があるが、個人のプライバシー保護と公益のバランスを考慮し、倫理審査委員会の承認を得た上で実施されなければならない。

問4 塩基配列を解析したいDNAと相補的なDNAを鋳型としてサンガー法で塩基配列を決定する際に、図ⅢのようなDNA断片が得られた。塩基配列解析対象のDNAの塩基配列を5'末端から3'末端方向に記入しなさい。



図Ⅲ サンガー法によって得られたDNA断片

問5 図Ⅳは、ヒトのある遺伝子の正常なDNA塩基配列とアミノ酸配列の一部を示している。遺伝子診断の結果、(ア)と(イ)のような変異をもつ集団が検出された。図Ⅴの遺伝子暗号表を参考にして、どちらの変異が生体の機能に影響を及ぼす可能性が高いか、(ア)または(イ)の記号で答えなさい。また、その理由を100字以内で説明しなさい。



図Ⅳ ある遺伝子のDNA塩基配列の一部

遺伝子暗号表					
1文字目 (5'末端)	2文字目			3文字目 (3'末端)	
↓	U	C	A	G	↓
U	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	U
	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	C
	ロイシン	セリン	終止	終止	A
	ロイシン	セリン	終止	トリプトファン	G
C	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	U
	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	C
	ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	A
	ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	G
A	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	U
	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	C
	イソロイシン	トレオニン	リシン	アルギニン	A
	メチオニン	トレオニン	リシン	アルギニン	G
G	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	U
	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	C
	バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	A
	バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	G

図Ⅴ 遺伝子暗号表

3 次の対話文を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

大学生の学生 A と学生 B が、大学のカフェテリアで新聞の記事(図 VI)について楽しそうに会話しています。

学生 A : 日本の探査機「はやぶさ 2」が小惑星リュウグウから持ち帰った砂の中に、アミノ酸がたくさん見つかったってニュースになっていたね(注釈1)。

学生 B : アミノ酸って、タンパク質を構成する有機物だよな? 酵素も抗体も筋肉もタンパク質でできているんだっけ? 宇宙探査のお話と生物学って関係があるの?

学生 A : 大ありだよ。地球で生命がどのように始まったかを考える上で大事な発見なんだ。生命が誕生する前に、生命活動に必要な分子ができてないといけないよね。原始地球にあった単純な分子から有機化合物ができて、その後、アミノ酸やヌクレオチドのような分子が自然の力だけでつくられたって説が有力だよ。それらからタンパク質や核酸のような複雑な分子ができて、最初の単純な生物が誕生したと考えられているんだ。

学生 B : そのお話知ってる。ミラーの実験だね(注釈2)。生命が誕生する以前の原始地球の条件を再現してアミノ酸が作られることを実証したんだよね。雷や紫外線によって、生命の基本構成要素が大气中でできるっていう考えだったね。そういえば現在の地球でも、深海熱水噴出孔は、生命が誕生した初期の地球の条件に似ているらしく、生命の起源を探るヒントが見つかるかもしれないって先生が言ってたね(注釈3)。

学生 A : そうそう。地球以外でも生物の構成分子が存在することが、段々とわかってきているんだ。地球に到達した隕石からもアミノ酸が見つかっているし、彗星や星間物質の中にアミノ酸が見つかったってニュースで読んだことがあるよ(注釈4)。最近、土星の衛星エンセラダスで、液体のリン酸が発見されたんだって(注釈5)。リン酸は生物にとって不可欠な分子だし、エンセラダスには熱水噴出孔も見ついているらしいから、色々と想像が膨らんでしまうね。

学生 B : 宇宙探査って、宇宙人を探すためだと思っていたけど、地球の生命の起源の手がかりを見つけるためにも大事なんだね。

学生 A : そうだよ。生命の起源については様々な仮説が出されているけど、どれも確定はしていないみたいだね。生物学にはまだまだ未知のことがたくさんあって、それがまた魅力的なんだ。

学生 B : 同感だよ。新しい発見が生命についての理解をどんどん変えていくんだね。生物学って本当に謎と驚きに満ちてるよね。



図 VI 二人が見ている新聞記事

注釈1 「はやぶさ 2」は、日本の宇宙航空研究開発機構(JAXA)が2014年に打ち上げた小惑星探査機。2020年に小惑星リュウグウから採取したサンプルを地球に届けた。「はやぶさ 2」本体は地球を離れ、別の小惑星へ向かうミッションに移行している。

注釈2 1953年にスタンリー・ミラーが大学院生の時におこなった実験。原始生命の進化に関する最初の実験的検証として知られている。ミラーは、水、メタン、アンモニア、水素を含む混合ガスを用い、水を加熱して蒸気を発生させ、大气中の落雷を模した火花放電実験をおこなった。

注釈3 地熱で熱せられた水が噴出する大地の亀裂のうち、深海でみられる熱水噴出孔。高水圧下で吹き出す熱水の温度は300度に達し、様々な重金属や硫化水素を豊富に含む極限環境の1つ。この極限環境にも生態系が存在し、沖縄トラフの深海熱水噴出孔周辺からもゴエモンコシオリエビなどの様々な生物が見つかっている。

注釈⁴ 1969年にオーストラリアのマーチソンに落下した隕石からグリシンなどの複数種のアミノ酸が確認された。その後、彗星や星間物質中にもアミノ酸が含まれていることが報告されている。

注釈⁵ 2015年に土星の衛星エンセラダスに海底熱水噴出孔が発見され、2023年にエンセラダスの海に高濃度のリン酸が含まれていることが発表された。

問1 対話文中の下線部(a)に関連して、アミノ酸とタンパク質の関係を説明する以下の文章中の [1] ~ [6] に最も適切な語句を記入しなさい。

タンパク質をつくるアミノ酸は、[1] 基と [2] 基の共通構造の他、側鎖の違いによって20種類が知られている。アミノ酸の [1] 基と [2] 基が [3] 結合によって鎖のように長く連なったものをポリペプチドという。タンパク質は固有のアミノ酸配列をもち、この配列をタンパク質の一次構造という。ポリペプチドは、[4] 結合などにより、一部が折りたたまれて [5] というらせん状の構造や、 β シートというジグザグ状の構造をとり、これらをタンパク質の二次構造という。さらに二次構造が立体的に配置され、タンパク質固有の立体構造ができる(三次構造)。複数のポリペプチドが組み合わさってできる立体構造をタンパク質の四次構造という。大部分の生物のタンパク質は、高温やpHの変化によって [4] 結合が切れると立体構造が変化してしまう。これをタンパク質の [6] といひ、[6] によって機能を失うことを失活という。温泉や熱水噴出孔などに生息する生物は、沸騰温度近くの高温でもタンパク質は [6] せず、失活もしない。この極限環境生物に含まれているタンパク質の性質は、PCR法(ポリメラーゼ連鎖反応法)などの遺伝子を扱った技術の基盤となっている。

問2 対話文中の下線部(b)に関連して、生命誕生以前の有機物の生成過程は何と呼ばれているか。最も適切な用語を記入しなさい。

問3 対話文中の下線部(c)に関連して、極限環境で多くみつかる原核生物は3つのドメインの中で何と呼ばれているか。ドメイン名を記入し、そのドメインに含まれている生物群を(ア)~(コ)の中から選び、その記号をすべて答えなさい。

- (ア) 緑色硫黄細菌 (イ) 紅藻 (ウ) メタン生成菌 (エ) 菌類 (オ) 陸上植物
(カ) 超好熱菌 (キ) 高度好塩菌 (ク) シアノバクテリア (ケ) 大腸菌 (コ) アメーバ

問4 対話文中の下線部(d)に関連して、核酸の構成要素である以外に、生物にとってリン酸が不可欠な理由を説明しなさい。

問5 生物の体をつくる有機物は、どのようにして誕生したと考えられているか、対話文中で言及された内容をもとに考えられる複数の可能性(仮説)をまとめて説明しなさい。

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

地球温暖化および気候変動は、温室効果ガスである二酸化炭素の大気中濃度の上昇が主要な原因と考えられている。この地球規模の課題に対して、世界各国で再生可能エネルギーの利用拡大による二酸化炭素排出量の削減や、森林保護や植林活動による二酸化炭素吸収(固定)量の増加が施策として進められている。植物は地上の生態ピラミッドにおける [1] であり、微生物や動物の呼吸によって排出される二酸化炭素を吸収し、太陽エネルギーをつかって有機物に固定化することができる。地球規模でみられる呼吸(二酸化炭素の放出)と光合成(二酸化炭素の固定)の結果、炭素(C)の大気循環サイクルが形成され、生体有機化合物の構成元素のリサイクルシステムと、持続可能な生物の繁栄を地球にもたらしてきた。しかし、光合成の働きで維持されてきた大気二酸化炭素の収支バランスが、人間の活動により急激に変化してきている。

陸上植物は、種子発芽して根をはると、その場所から移動することができず、外部環境の影響を強く受ける。そのため、生育や生長は、気候や土壌環境によって制限されている。動物のような明確な受容器や神経などの信号伝達組織をもたない植物は、動物とは異なる仕組みで外部環境の変化を検知し、代謝を制御して生きている。特に、光合成は、光、温度、水の供給、葉内二酸化炭素濃度の影響を強く受けることが知られている。

光合成の過程は、葉緑体のチラコイドでおきる反応とストロマでおきる反応に分けることができる。チラコイドでおきる反応では、[2] Iと [2] IIと呼ばれる反応系が光エネルギーを吸収し、[3] とATPが合成される。ストロマでは、チラコイドの反応で合成された [3] とATPを用いて、二酸化炭素が固定され、有機物が合成される。このストロマの反応系は、多くの酵素が関与する化学反応からなり、[4] 回路と呼ばれる。細胞に取り込まれた二酸化炭素は、 C_5 化合物であるリブローズビスリン酸(リブローズ二リン酸)(RuBP)と反応し、 C_3 化合物であるホスホグリセリン酸(PGA)となる。この炭酸固定反応を触媒するリブローズビスリン酸カルボキシラーゼ(リブローズ二リン酸カルボキシラーゼ)/オキシゲナーゼは、正式名称が長いことから [5] と呼ばれることも多い。[5] は、地球上で最も多いタンパク質の1つである。二酸化炭素を C_3 化合物であるPGAに固定する植物は C_3 植物と呼ばれ、イネやダイズなどの多くの農作物植物は C_3 植物である。[5] は、光で二酸化炭素固定反応をおこなう光合成(同化)と同時に、光で酸素を消費して二酸化炭素を放出する光呼吸をおこなう性質がある。光呼吸は同化した二酸化炭素を再放出することになるため、植物の生育速度の低下を招き、主要作物の収穫量の制限要因ともなっている。

サトウキビとパイナップルは、亜熱帯沖縄をイメージさせる代表的な農作物である。これらの植物は、 C_3 植物とは異なる光合成をおこなっている。サトウキビやトウモロコシは C_4 植物に属し、パイナップルやサボテンはCAM(ベンケイソウ型)植物として知られている。 C_4 植物は、取り込まれた二酸化炭素が C_3 化合物ではなく、 C_4 化合物として固定され、低い二酸化炭素濃度でも高い光合成活性を維持できる。CAM植物は、二酸化炭素の葉への取り込みを夜間におこない、リンゴ酸などの有機酸に固定した後、昼間に有機酸を分解して生じる二酸化炭素を用いて光合成をおこなう植物である。 C_4 植物やCAM植物は、沖縄のような日差しが強く、高温や土壌が乾燥しやすい環境に適応した光合成の仕組みを獲得してきた植物であると考えられている。

問1 文章中の [1] ~ [5] に最も適切な語句を記入しなさい。

問2 文章中の下線部(a)に関連して、生体に含まれる窒素(N)も炭素(C)と同様に、循環している。マメ科植物の根に共生している根粒菌が、大気中の窒素(N_2)を直接利用し、アンモニウムイオン(NH_4^+)を作るはたらきを何というか。その用語を記入しなさい。

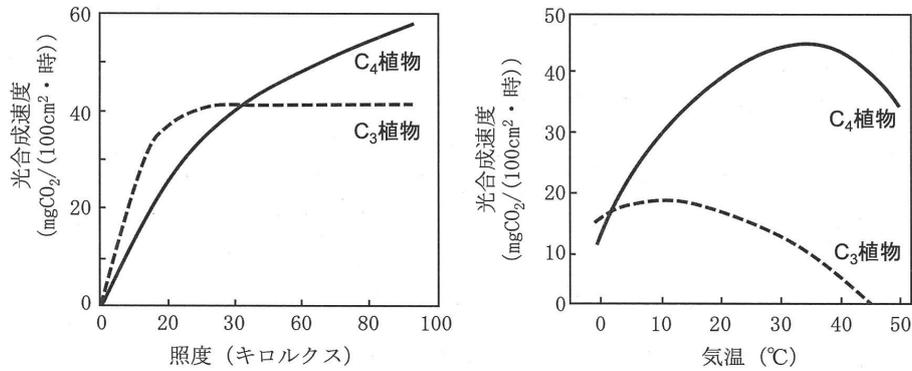
問3 文章中の下線部(b)に関連して、ヒトの眼で光刺激を受容する視物質は何か。桿体細胞に含まれている視物質名を記入しなさい。

問4 文章中の下線部(c)に関連して、気孔の開閉は光合成を制御する植物の環境応答に重要な働きをしている。気孔を開く青色光刺激を感知している受容体は何か、受容体名を記入しなさい。

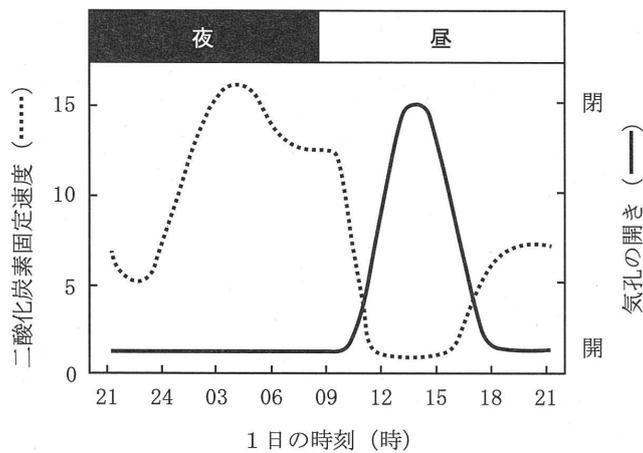
問5 文章中の下線部(c)に関連して、植物が水不足(乾燥状態)になると気孔が閉じて水分の蒸散を抑える。その際に合成されるホルモンは何か、植物ホルモン名を記入しなさい。

問6 図Ⅶは、 C_3 植物と C_4 植物の光合成速度に対する光の強さと気温の効果のみた実験結果である。図Ⅷは、CAM植物の二酸化炭素の固定速度と気孔の開きの日周変化を示したものである。文章中および図Ⅶと図Ⅷから、 C_4 植物やCAM植物の性質が、沖縄のような日差しが強く、高温や土壌が乾燥しやすい環境に適応した植物だと考えられる理由を以下の語句をすべて用いて説明しなさい。

語句：光、高温、乾燥、蒸散、脱水



図Ⅶ C_3 植物と C_4 植物の光合成速度に対する光の強さと気温の効果
(村田吉男(1980). C_3 , C_4 , CAM植物の分類と生産性. 農業技術, 35巻2号, 49-55. をもとに作図)



図Ⅷ CAM植物の二酸化炭素固定速度と気孔の開きの日周変化
(野瀬昭博(1979). 光合成と光合成産物の転流. 農業技術, 34巻8号, 341-347. をもとに作図)

地 学

1 以下の各問に答えなさい。(25点)

問1 示準化石としてはサンヨウチュウやアンモナイトがよく知られている。示準化石とは、どのような条件を満たす生物の化石か説明しなさい。

問2 ある鉱物の年代を、半減期75000年の放射性同位体を用いて測定したところ、30万年という年代値が得られた。測定時の放射性同位体の量は、この鉱物が形成された時の何分の1になっているかを答えなさい。

問3 縄文時代と思われる遺跡から出土した植物遺骸^{いがい}の年代を測定したい。どの元素の放射性同位体を測定することが最も適切か。下記の選択肢(ア)～(オ)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

(ア) 酸素 (イ) ルビジウム (ウ) 水素 (エ) カリウム (オ) 炭素

問4 下記の選択肢(ア)～(オ)の中から最も古い年代測定値が得られた岩石を1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) オーストラリアの大規模な縞状鉄鉱層
- (イ) オーストラリアのストロマトライト化石を含む堆積岩
- (ウ) オーストラリアの細菌化石を含む層状チャート
- (エ) 北米大陸東部の造山帯に見られる花こう岩
- (オ) カナダ北部の盾状地に見られる片麻岩

問5 縞状鉄鉱層が堆積した時代の後、それ以前には見られなかった赤い砂岩や泥岩が見られるようになった理由を説明しなさい。

問6 下記の選択肢(ア)～(オ)の中から最も古い年代測定値が得られた岩石を1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 岡山県に見られる領家帯の花こう岩
- (イ) 秋吉台を構成するフズリナを含む石灰岩
- (ウ) 岐阜県飛騨川流域の中生代の堆積岩中に見られる変成岩^{れき}の礫
- (エ) 鹿児島県のシラス台地を構成する厚い火山砕せつ物中の軽石
- (オ) 岩手県のクサリサンゴを含む石灰岩

問7 古生代カンブリア紀には、初めて硬い殻をもった生物が出現した。カンブリア紀の多様な動物群は、その有名な産地にちなんで、何と呼ばれるか。その名称を答えなさい。

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

地球が公転している証拠のひとつとして年周視差が挙げられる。これは、地球の公転があることにより、恒星が1年を周期として円や楕円上を運動するよう見える現象およびその大きさのことを表している。ア は はくちょう座61番星 に注目して精密な観測を行い、年周視差が実際に存在することを世界で初めて確認した。年周視差が1^②である場合の恒星までの距離は3.26光年であり、この距離はパーセクという長さの単位の基準となっている。

イ は、20年にわたり精密な観測を続けていた ウ の膨大な観測データを用い、地球や他の惑星の公転軌道に関する法則を発見した。これらの法則は、楕円軌道の法則、面積速度一定の法則、調和の法則という惑星の運動に関する3つの法則としてまとめられており、小惑星、周期彗星などにも当てはめることができる。

問1 文章中の ア ~ ウ に入る適切な人名を答えなさい。

問2 下線部①について、年周視差以外に地球が公転している証拠となる現象を1つ挙げなさい。また、その現象がなぜ地球公転の証拠となるのか理由を説明しなさい。

問3 下線部②で研究に用いられたはくちょう座61番星の年周視差は0.29"である。はくちょう座61番星までの距離は何光年か、計算過程も含めて答えなさい。ただし、年周視差は十分に微小であるものとし、答えは小数点以下を四捨五入して整数で答えること。

問4 下線部③はどのような法則か説明しなさい。

問5 下線部④の法則をもとに、地球の楕円軌道の半長軸の長さが1天文単位、火星の楕円軌道の半長軸の長さが1.52天文単位であるとして、火星の公転周期を、計算過程も含めて答えなさい。ただし、根号のついた値を小数に直す必要はない。

- 3 図 I はある地域のモデル化された地質断面図である。図の下には観察事項が列記されている。これらを参考にして、以下の各問に答えなさい。(25 点)

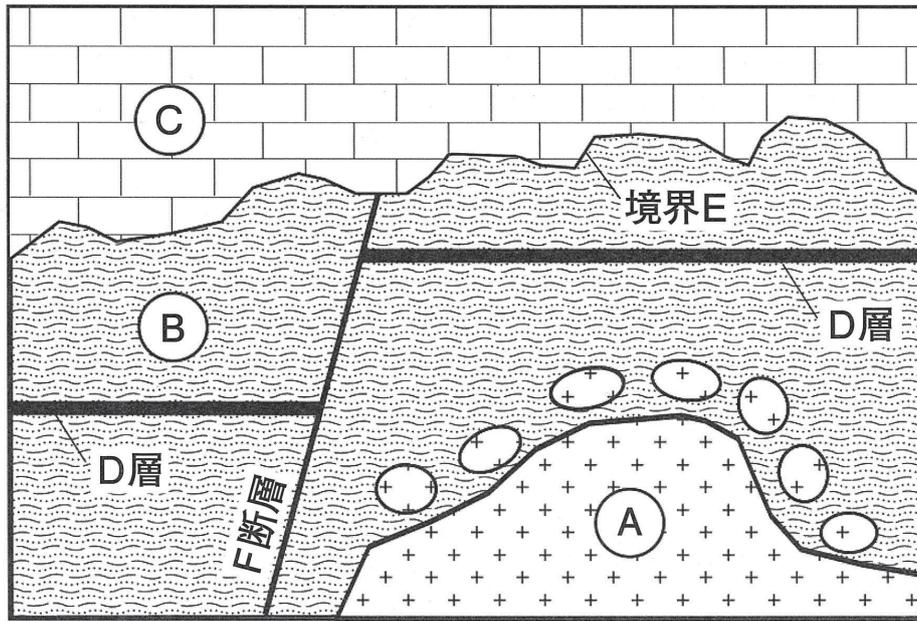


図 I

- ・ A は白色の深成岩で黒雲母や石英の粒子が目立つ。
- ・ B 層は細粒の砂岩層である。A との境界付近に A の礫が認められる。
- ・ C 層には多量の造礁サンゴ化石が含まれている。
- ・ D 層は凝灰岩層で、粘土化した火山ガラス、黒色の軽石、鉱物粒から成る。黒色の軽石と鉱物粒に含まれる鉱物の組み合わせは、斜長石、輝石、かんらん石である。
- ・ F 断層には横ずれの移動は認められない。

問1 D層に含まれる黒色の軽石、Aの深成岩について、それぞれ最も適当な岩石名を選択肢(ア)~(カ)の中から1つずつ選び、記号で答えなさい。

(ア) 安山岩 (イ) 玄武岩 (ウ) 花こう岩 (エ) 流紋岩 (オ) 閃緑岩 (カ) かんらん岩

問2 AとD層に含まれている斜長石はそれぞれ化学組成が異なるが、その違いを答えなさい。

問3 B層とC層の境界Eの名称を答えなさい。

問4 AとB層との境界付近にある礫の名称を答えなさい。

問5 D層は遠く離れた地域に分布する地層の対比に使うことができる。このような地層の名称を答えなさい。

問6 C層に含まれる化石は、地層が形成された環境を推定するのに用いられる。このような化石の名称を答えなさい。

問7 F断層の種類について答えなさい。また、この断層から推定される当時の地殻に加わった水平方向の力はどのようなものか答えなさい。

問8 地質断面図から推定されるこの地域の地史(成り立ち)について説明しなさい。

- 4 波の伝播に関する次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。なお、海の水深は 4000 m で一定とする。また重力加速度 g は 10 m/s^2 、円周率 π は 3.14 とする。(25 点)

チリ津波は 1960 年 5 月に発生した津波で、南米チリ沖を震源とするチリ地震による津波である。この津波は、はるか遠方の日本沿岸にも大きな被害をもたらした。図Ⅱのように、西経 80 度、南緯 45 度の地点 A を津波の発生地点とする。また東経 150 度、北緯 45 度の地点を B とし、A で発生した津波が B に到達するまでの時間について考える。

水深 $H[\text{m}]$ が波長に比べて大きいとき、波の速度 $V[\text{m/s}]$ は、

$$V = \frac{g^a T^b}{2\pi} \quad \text{①}$$

となる。ここで $T[\text{s}]$ は波の周期、 a 、 b は定数である。

また、波長が水深 $H[\text{m}]$ に比べて大きいとき、波の速度 V は、

$$V = g^c H^d \quad \text{②}$$

となる。ここで c 、 d は定数である。波の伝播経路と波の速度から、波の到達時間を求めることができる。

問1 式①および②の a 、 b 、 c 、 d の値を答えなさい。

問2 周期 10 秒のうねりについて、波の速度 $V[\text{m/s}]$ 、および波長 $\lambda[\text{m}]$ を、計算過程を含めて答えなさい。なお、小数点以下を四捨五入して整数で答えること。

問3 周期 30 分の津波について、波の速度 $V[\text{m/s}]$ 、および波長 $\lambda[\text{m}]$ を、計算過程を含めて答えなさい。なお、小数点以下を四捨五入して整数で答えること。

問4 A から B への津波の伝播経路は、図Ⅱの太線で示すように、AB 間の最短経路であると考えられる。地球が球体であり、その中心を O とする場合、角 AOB は 145 度である。地球の半径を 6400 km とし、津波の到達時間を、計算過程を含めて答えなさい。なお、答えは単位を時間として、小数第二位を四捨五入して小数第一位まで答えること。

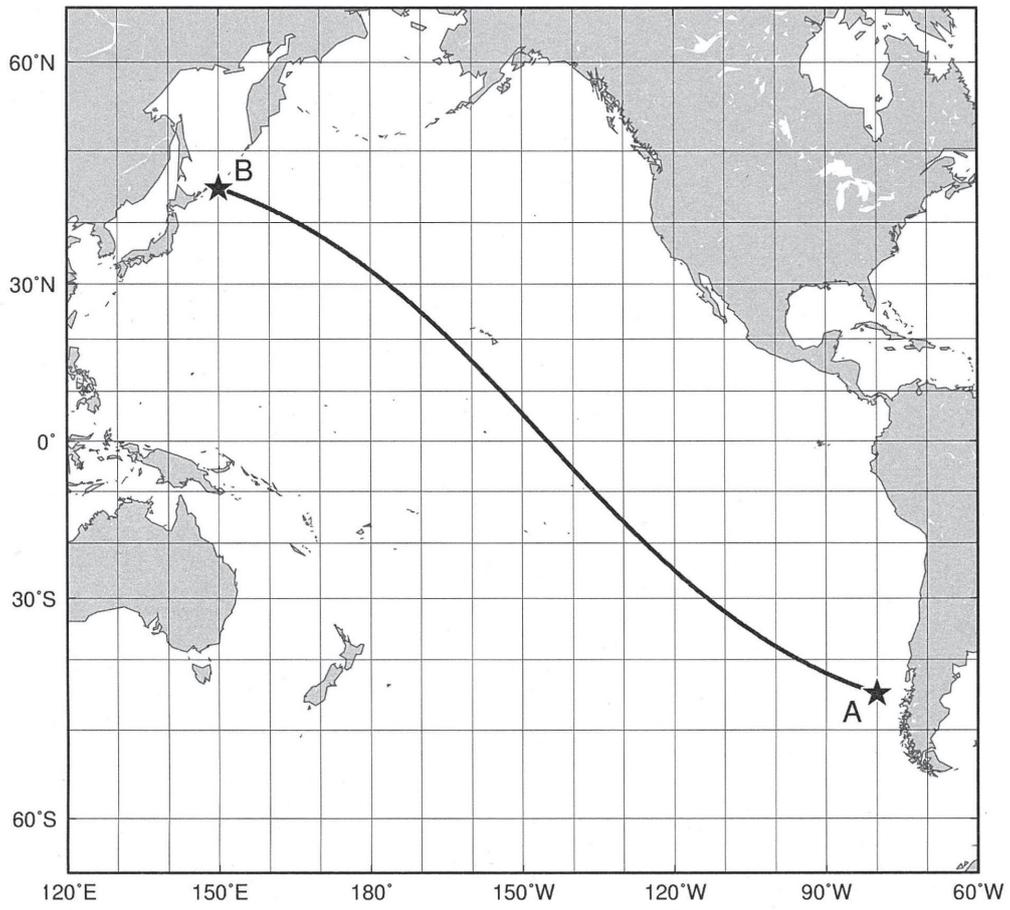


图 II

物 理 解 答 用 紙

受験番号	
------	--

- 1
- | | | | |
|------------------------------------|-----------------------------|--|--|
| ① $\frac{F}{M} - \frac{m}{M}\mu'g$ | ② $\sqrt{\frac{2L}{\mu'g}}$ | ③ $\frac{1}{2}mg \tan \theta$ | ④ 0.70 |
| ⑤ $\frac{2RT}{V}$ | ⑥ $\frac{RT}{2}$ | ⑦ (才) | ⑧ $\frac{2Vv}{V^2 - v^2 f}$ |
| ⑨ 30 | ⑩ 12 | ⑪ $\frac{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 i}}{n \cos i}$ | ⑫ $\frac{15 kq}{4 r}$ |
| ⑬ (才) | ⑭ 1.5 | ⑮ 0.40 | ⑯ $\frac{I^2 L}{\mu_0 \sqrt{2} \pi d}$ |
| ⑰ (キ) | ⑱ 6 | ⑲ 4 | |

- 2
- A** 問1 小球の速度の鉛直成分の大きさ = $4\sqrt{hg}$ v の上限 = $\frac{L}{4} \sqrt{\frac{g}{h}}$
- 問2 $v_1 = \frac{L}{t_1}$ $v_2 = \frac{2L}{t_1}$ $t_1 = 8\sqrt{\frac{h}{g}}$ 問3 $\frac{L}{(6 + \sqrt{2})} \sqrt{\frac{g}{h}}$

- B** 問4 $\sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}} v_0$ 問5 $\frac{\pi}{6} \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}}$ 問6 $\frac{L}{2} - \frac{mg}{k_1 + k_2} \sin \theta$
- 問7 $\frac{mg}{\cos \theta}$ 問8 $\sqrt{\frac{2g \tan \theta}{L \cos \theta}}$

- 3
- A** 問1 $\frac{3}{2} CV^2$ 問2 $2CV_{AB}$ 問3 $\frac{3}{2} V$

- 問4 $\frac{9}{4} V$

- B** 問5 正 (負)
- 問6 $\frac{2mv}{qB}$ 問7 $\frac{5mv^2}{8qd}$
- 問8 1 問9 $\frac{mv}{2qE}$ 問10 $-\frac{n}{2} x_0$

	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3ページになっている。)

1	問1	(1) -5.0 kJ/mol	(2) 発熱反応	(3) イ
	問2	(1) $y/2$ mol	(2) ウ	問3 $VK w/y$ mol/L
	問4	(1) $-\Delta H_2 - \Delta TMC/y$ kJ/mol	(2) 2.1 kg	
	問5	触媒		
	問6	3.3×10^{-3} mol/(L·s)		
	問7	粉碎により酸化マンガン(IV)の表面積が増加し、 反応物との衝突回数が増えたため		

小計

採点欄

1	2	3	4	合計

2

問1 長い (ア) > (イ) > (ウ) 短い

問2 (イ) (ウ)

問3 (イ) (ウ)

問4 (ア)

問5 (ウ)

化合物R		化合物S	
名称	ビニルアルコール	名称	アセトアルデヒド
構造式	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{OH}$	構造式	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$

化合物Xの名称	樹脂の構造式
プロペン (プロピレン)	$\left[\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right]_n$

化合物Yの名称	合成ゴムの構造式
1,3-ブタジエン	$\left[\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2 \right]_n$

問9 750 個

受験番号	
------	--

3	問1	酸化剤	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$		
		還元剤	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{e}^-$		

問2	(1)	1	イオン化傾向(還元力)	2	酸化	3	還元
	(2)	20.0 + 75.2X			g		

問3	(1)	負極	$\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{e}^-$					
		正極	$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$					
	(2)	記号	a, b, d	(3)	記号	c	化学式	Cl_2
	(4)	+ 9.6			g			

小計	
----	--

4	問1	1	斜方硫黄	2	ゴム状硫黄	3	二酸化硫黄
---	----	---	------	---	-------	---	-------

問2	$\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$		
----	---	--	--

問3	$2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$		
----	---	--	--

問4	$[\text{S}^{2-}] = K_1 K_2 [\text{H}_2\text{S}] / [\text{H}^+]^2$
----	---

問5	(1)	$[\text{S}^{2-}] =$	1.0×10^{-20}	mol/L
		$[\text{Zn}^{2+}][\text{S}^{2-}] =$	1.0×10^{-21}	mol ² /L ²
	(2)	[理由]	Zn ²⁺ とS ²⁻ の濃度の積 1.0×10^{-21} は硫化亜鉛の溶解度積 2.1×10^{-18} 以下であるため沈殿は生成しない	
	(3)	$[\text{Cu}^{2+}] =$	6.5×10^{-10}	mol/L

小計	
----	--

生物解答例

1

問1	1	ク	2	オ	3	ケ	4	サ
----	---	---	---	---	---	---	---	---

問2

イ

問3

ア

問4

目的1	3	目的2	9	目的3	6
-----	---	-----	---	-----	---

問5

導入した肉食性の在来魚が外来種のみを捕食するとは限らない。他の小型動物を捕食することになれば、これらの個体数が減少する。また、導入した在来魚と他の在来生物の間で餌資源の競争が起こり、他の在来生物の個体数が減少する。結果として、河川生態系の生物多様性をさらに低下させる可能性がある。

2

問1

1	ウ	2	ス	3	オ	4	ク
---	---	---	---	---	---	---	---

問2

a	イ	b	ウ
---	---	---	---

問3

ア, エ, オ

問4

ACGCAT

問5

記号	ア
----	---

説明	(イ)の変異ではアミノ酸配列の変化は生じないが、(ア)の変異ではチロシンを指定するコドンが終止コドンに変化するため、途中で翻訳が停止してしまう。そのため(ア)の方が機能に影響を及ぼす可能性が高い。
----	--

3

問1	1	アミノ	2	カルボキシ
	3	ペプチド	4	水素
	5	α ヘリックス	6	変性

問2 化学進化

問3 ドメイン名 アーキア(古細菌)

ウ, カ, キ

問4 リン酸は、ATPなどの生物のエネルギー代謝に必要な分子の構成要素であるため。

問5 生物に必要な有機分子は、原始地球の大気中で落雷や紫外線によって化学的に生成された可能性が考えられる。また、深海海底熱水噴出孔のような高温高圧環境の海で有機物が生成された可能性も考えられる。この他、宇宙でアミノ酸が発見されていることから、有機分子が地球外から供給された可能性も考えられる。

4

問1

1	(第一次)生産者	2	光化学系
3	NADPH	4	カルビン
5	ルビスコ(Rubisco)		

問2

窒素固定

問3

ロドプシン

問4

フォトロピン

問5

アブシシン酸

問6

図Ⅶの左のグラフから、 C_3 植物の光合成速度は、光を強くしてもすぐに飽和に達してしまうことが分かる。一方、 C_4 植物の光合成速度は、光の強さに依存して上昇し続けている。このことから、日差しが強い環境では、 C_3 植物よりも C_4 植物の方が高い光合成活性を示すことが期待できる。図Ⅶの右のグラフより、 C_3 植物に比べて、 C_4 植物は高温域でも高い光合成活性を維持することができることが分かる。また、文章中より C_4 植物は低い二酸化炭素濃度でも高い光合成活性を維持できることがわかっていることから、乾燥時に気孔が閉じて葉内への二酸化炭素の供給が通常より低下した場合でも、高い光合成活性を維持できるため、 C_4 植物は高温や乾燥に強いと考えられる。図Ⅶのグラフより、CAM植物は夜間に気孔を開いて二酸化炭素の吸収をおこなっていることが分かる。昼間の高温や乾燥の条件下で気孔が閉じた状態でも光合成をおこなうことができるため、蒸散による脱水を防ぐことができると考えられる。これらの性質から、 C_4 植物とCAM植物は沖縄のような日差しが強く、高温や乾燥しやすい環境に適応した植物だと考えられる。

地 学 解 答 用 紙

受験番号	
------	--

総点	
----	--

注意 この解答用紙は1枚目表裏2ページ、2枚目表裏2ページの計4ページになっている。

1	問 1	地質時代の比較的短い期間に、世界的に見て広範囲に栄えた生物であることが重要な条件である。また識別しやすい特徴的な形態をもち、数多く産出するほどよいと言える。
---	-----	--

問 2	1/16
-----	------

問 3	オ
-----	---

問 4	オ
-----	---

問 5	大気中の酸素が増加して、赤色の酸化鉄が形成されたから。
-----	-----------------------------

問 6	ウ
-----	---

問 7	バージェス動物群 (チェンジャン(澄江)動物群も正解とする)
-----	-----------------------------------

小 計	
-----	--

2

問 1

ア	ベッセル	イ	ケプラー	ウ	ブラーエ
---	------	---	------	---	------

問 2

現象	例1 年周光行差, 例2 恒星スペクトルのずれ
地球公転の証拠となる理由	<p>例1 動いている観測者には光が前方からくるように見えるため、地球の公転に伴って、みかけの恒星の位置が1年周期で変化するから。</p> <p>例2 地球の公転に伴うドップラー効果により、恒星のスペクトルが1年を周期として変化するから。</p>

問 3

<p>恒星までの距離をd(光年), 年周視差をp(")とすると, $d=3.26/p$と表すことができるので, $d=3.26/0.29 \div 11$光年</p>

問 4

各惑星について、太陽と惑星を結ぶ線分(動径)は、等しい時間に等しい面積を描く。

問 5

<p>調和の法則は、だ円軌道の半長軸を a (天文単位), 公転周期を T (年), 比例定数を k として $a^3 = kT^2$ と表すことができる。地球の公転周期は1年なので $k=1$ であり、火星については、$1.52^3 = T^2$ となる。よって、公転周期は、$T = \sqrt{1.52^3} = \sqrt{3.51}$ (年)</p>

小 計	
-----	--

受験番号	
------	--

3	問1	黒色の軽石	イ	A	ウ
---	----	-------	---	---	---

問2	Aの方がCaに乏しい組成である。
----	------------------

問3	不整合面	問4	基底れき岩
----	------	----	-------

問5	鍵層	問6	示相化石
----	----	----	------

問7	断層の種類	正断層	水平方向の力	引っ張りの力
----	-------	-----	--------	--------

問8	A貫入岩が侵食された後にB層が堆積した。B層の堆積中に火山活動による火山灰層(D層)の堆積もあった。その後、F断層の活動があった。B層が侵食され、その不整合面上にサンゴ礁が発達しC層ができた。
----	--

小計	
----	--

4

問1

a= 1	b= 1	c= 1/2	d= 1/2
------	------	--------	--------

問2

V= 16 m/s	λ= 159 m
-----------	----------

計算過程

式①より波の速さは,

$$V = \frac{gT}{2\pi} = \frac{10 \times 10}{2 \times 3.14} = 15.92 \text{ (m/s)}$$

波長は

$$\lambda = VT = \frac{gT^2}{2\pi} = 159.23566 \text{ (m)}$$

問3

V= 200 m/s	λ= 360000 m
------------	-------------

計算過程

式②より波の速さは,

$$V = \sqrt{gH} = \sqrt{10 \times 4000} = 200 \text{ (m/s)}$$

波長は

$$\lambda = VT = 200 \times 1800 = 360000 \text{ (m)}$$

問4

22.5	時間
------	----

計算過程

地球半径をR 角AOBをα(ラジアン)とすると、AB間の距離はRα。従って求める時間は,

$$\frac{R\alpha}{V} = \frac{6400 \times 10^3 \times 145 \times 3.14}{180 \times 200 \times 60^2} \text{ (時間)} \simeq 22.5 \text{ (時間)}$$

小計	
----	--