

令和6年度入学試験問題

理 科

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. 解答はすべて別紙解答用紙に記入ください。
3. 解答用紙は全科目を組み合わせてあるので、その中から自分が選択した科目だけを取り出して解答ください。
4. 解答用紙は、物理4枚、化学4枚、生物5枚、地学4枚です。
5. 選択していない科目を解答した場合は無効です。
6. 各解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ2箇所あります。2箇所とも記入ください。
7. 試験終了後、選択した科目の解答用紙のみ回収します。
8. 問題冊子及び選択しなかった問題の解答用紙は持ち帰りください。

理 科 問 題

物	理	1	～	8	ページ	化	学	9	～	18	ページ
生	物	19	～	28	ページ	地	学	29	～	36	ページ

物 理

I 図1のように、なめらかで水平な床の上に質量 M [kg] の板が静止しており、その中央部分に質量 m [kg] の物体を静かに置いた。板を水平右向きに大きさ F [N] の力で引いたところ、物体は板に対して静止したまま一体となって動いた。板と物体の間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' ($\mu' < \mu$) とする。また、板の長さは十分に長いとし、空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、以下の各問いに答えよ。

問 1 物体と板の床に対する加速度の大きさ a [m/s²] と物体が板から受ける摩擦力の大きさ f [N] をそれぞれ、 m 、 M 、 F を用いて表せ。計算過程も記せ。

問 2 F が一定のとき、物体と板がともに距離 X [m] だけ移動したとき、物体と板の運動エネルギーの和の増加量 K [J] を、 F 、 X を用いて表せ。必要であれば、計算過程も記せ。

問 3 F を徐々に大きくしていき、 F が F_0 [N] をこえると物体は板に対して滑りはじめた。 F_0 を、 g 、 μ 、 m 、 M を用いて表せ。計算過程も記せ。

次に、板と板の中央部分に置かれた物体がともに静止した状態に戻して、板を水平右向きに一定の大きさ F ($F > F_0$) の力で引いた。ただし、板を力 F で引きはじめた時刻を 0 s とする。以下の各問いに答えよ。

問 4 物体の床に対する加速度の大きさ a_1 [m/s²] と板の床に対する加速度の大きさ a_2 [m/s²] を、 g 、 μ' 、 m 、 M 、 F から必要なものを用いて表せ。計算過程も記せ。

問 5 a_1 と a_2 の間の大小関係を、理由を付して示せ。

問 6 時刻 T [s] のとき、物体は板の上を距離 L [m] だけ移動した。 L を、 T 、 μ 、 μ' 、 M 、 F 、 F_0 を用いて表せ。ただし、物体は板から落ちないとする。計算過程も記せ。

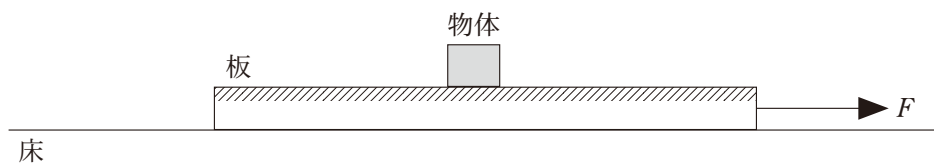


図 1

II 図1のように、内部抵抗が無視できる起電力 E [V] の電池、電気容量 C [F] のコンデンサ、自己インダクタンス L [H] のコイル、抵抗値 R [Ω] の抵抗器、 S_1 、 S_2 、 S_3 のスイッチと導線からなる回路がある。スイッチ S_1 の c 側は回路が開いている状態である。はじめコンデンサに電荷は蓄えられておらず、スイッチはすべて開いている。 S_2 は開いたままで、 S_3 を閉じてから、 S_1 を a 側に入れる。しばらくすると抵抗に流れる電流は一定値 I_0 [A] になった。その後、 S_1 を b 側に入れてそのままの状態にする。導線の電気抵抗は無視できるものとする。電流の向きは図1の矢印の向きを正の向きとして、以下の各問いに答えよ。

問 1 I_0 の大きさを求めよ。

問 2 S_1 を a 側に入れてから b 側に入れてそのままの状態にするまで、抵抗に流れる電流 I [A] の時間変化のグラフを、解答用紙のグラフに描きなさい。ただし、 S_1 を a 側に入れた時間を t_1 [s]、 S_1 を b 側に入れた時間を t_2 [s] とする。

次に、すべてのスイッチを開き、 S_3 は開いたままで、 S_2 を閉じてから、 S_1 を a 側に入れる。十分時間が経過したのち S_1 を b 側に入れてそのままの状態にする。以下の問いに答えよ。

問 3 S_1 を a 側に入れてから b 側に入れてそのままの状態にするまで、抵抗に流れる電流 I の時間変化のグラフを、解答用紙のグラフに描きなさい。ただし、 S_1 を a 側に入れた時間を t_3 [s]、 S_1 を b 側に入れた時間を t_4 [s] とする。また、時間が t_3 と t_4 のときのそれぞれの電流 I を向きの符号を含めて求めて、グラフに記入せよ。

図2のように、電気容量 C [F] のコンデンサ、自己インダクタンス L [H] のコイル、スイッチ S からなる回路がある。コンデンサは始め、上の極板には $+Q_0$ [C] ($Q_0 > 0$)、下の極板には $-Q_0$ [C] が帯電しており、スイッチ S は開いた状態である。導線の電気抵抗は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。

問 4 スイッチ S を閉じると、コイルに流れる電流は周期 T [s] で振動する。スイッチ S を閉じた時刻を $t = 0$ としたとき、 $0 \leq t \leq T$ でのコイルに流れる電流 I の時間変化のグラフを、解答用紙のグラフに描きなさい。さらに、電流の最大値と最小値を向きの符号を含めてグラフに記入せよ。ただし、図 2 の矢印の向きが電流の正の向きとする。計算過程も記せ。

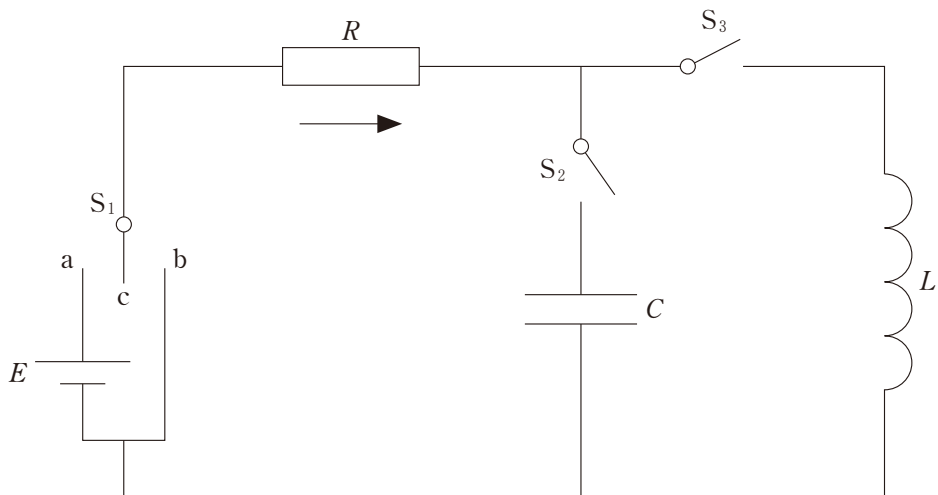


図 1

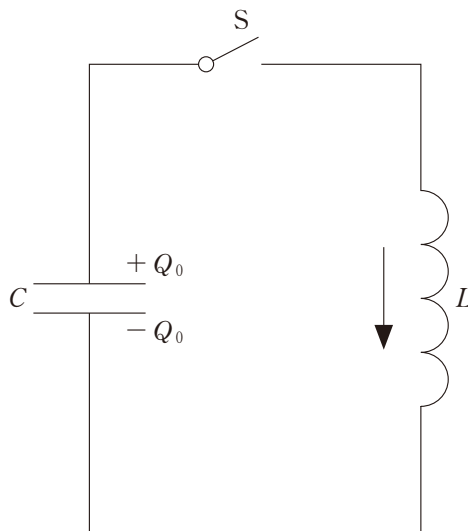


図 2

Ⅲ 図1のように、シリンダー内部に鉛直方向になめらかに動く質量 M [kg]、断面積 S [m²] のピストンがある。ピストンにより仕切られた下方の空間には、1 mol の単原子分子の理想気体が入っており、ヒーターによって気体を加熱することができる。上方の空間は真空になっており、ばね定数 k [N/m] の軽いばねが鉛直にピストンの上面とシリンダーの内面に取り付けられている。ピストンとシリンダーの熱容量とヒーターの大きさは無視できるものとし、外部との熱のやりとりはないとする。最初、シリンダー内部の底面とピストンの下面との距離は h [m] で、ばねは自然の長さになっている。気体定数を R [J/(mol·K)]、重力加速度の大きさを g [m/s²] として、以下の各問いに答えよ。

問 1 気体の圧力 P_0 [Pa] と温度 T_0 [K] を、 M 、 g 、 h 、 R 、 S から必要なものを用いて表せ。計算過程も記せ。

ヒーターで気体に熱を加えたところピストンはゆっくりと上昇し、図2のように $\frac{h}{2}$ だけ上昇して静止した。以下の各問いに答えよ。

問 2 気体の圧力 P_1 [Pa] と温度 T_1 [K] を、 M 、 g 、 h 、 R 、 S 、 k から必要なものを用いて表せ。計算過程も記せ。

問 3 加熱による気体の内部エネルギーの増加量 ΔU [J] を、 M 、 g 、 h 、 k を用いて表せ。計算過程も記せ。

問 4 図1の状態から図2の状態までの過程における、気体の体積と気体の圧力の変化の様子を、解答用紙のグラフに描け。ただし、横軸を気体の体積として、 S と h を用いて表し、縦軸を気体の圧力として、 P_0 と P_1 を用いて表せ。

問 5 気体が外部にした仕事 W [J] を、 M 、 g 、 h 、 k を用いて表せ。計算過程も記せ。

問 6 加熱により気体がヒーターから受け取った熱量 Q [J] を, M, g, h, k を用いて表せ。計算過程も記せ。

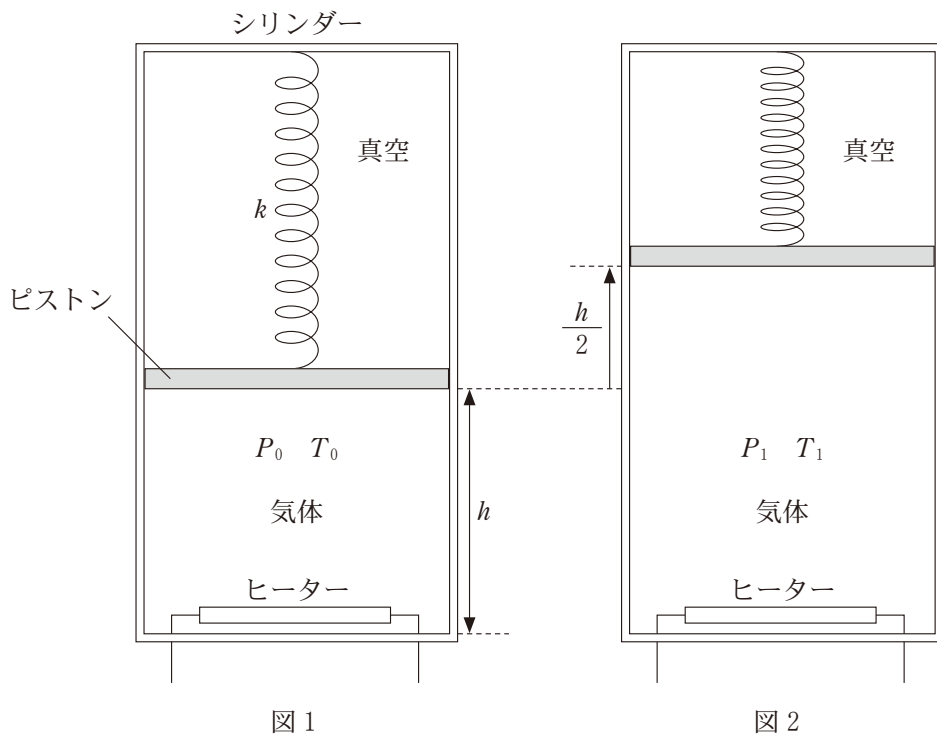


図 1

図 2

IV 半円形と円形のプリズムがあり、ともに半径 R [m]、屈折率 n ($n > 1$) である。最初、空気中に半円形のプリズムを用意する。図 1 のように、中心 O を通りプリズムの線分 AB に対して垂直な直線 l と平行な位置に光源を置き、単色光を線分 AB に対して垂直に入射させる。単色光を線分 AB に垂直に入射させながら光源を上下に動かす。入射光と直線 l との距離が x [m] のとき、入射光線と弧 AB 上の交点を点 C とする。このとき、直線 OC と入射光のなす角度が入射角、直線 OC と屈折光のなす角度を屈折角 α [rad] とする。空気の屈折率を 1 として、以下の各問いに答えよ。

問 1 $\sin \alpha$ を、 n 、 x 、 R を用いて表せ。計算過程も記せ。

問 2 距離 x を 0 から R まで変化させたとき、 $\sin \alpha$ の変化の様子を解答用紙のグラフに描きなさい。

次に、空気中に中心を O とする円形のプリズムを用意し、単色光を入射する。図 2 のように、円周上の点 P に入射角 i [rad] で入射した入射光は屈折角 r [rad] で屈折した。さらに円周上の点 Q で屈折して空気中に出ていく屈折光を出射光とする。入射光線と出射光線のなす角度を β [rad] とする。以下の各問いに答えよ。

問 3 β を、 i 、 r を用いて表せ。

問 4 入射角 i と屈折角 r が十分小さいとき β を、 n 、 i を用いて表せ。ただし、角度 θ [rad] が十分に小さいとき $\sin \theta \doteq \theta$ が成り立つとする。計算過程も記せ。

問 5 赤色の光線と青色の光線をそれぞれ同じ入射角で入射させたとき、角度 β が大きいのは何色の光線かを答え、その理由を記せ。ただし、プリズムの屈折率は光の波長によって異なり、波長が短いほど屈折率は大きくなる。

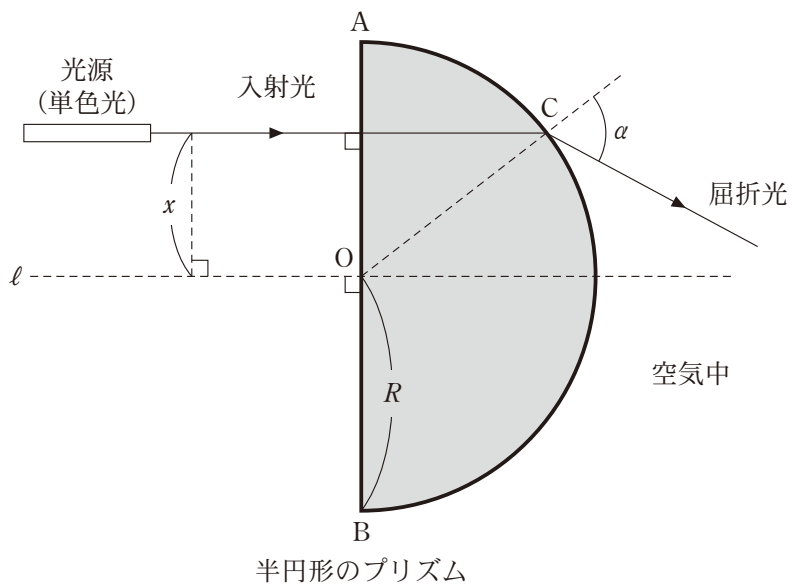


図 1

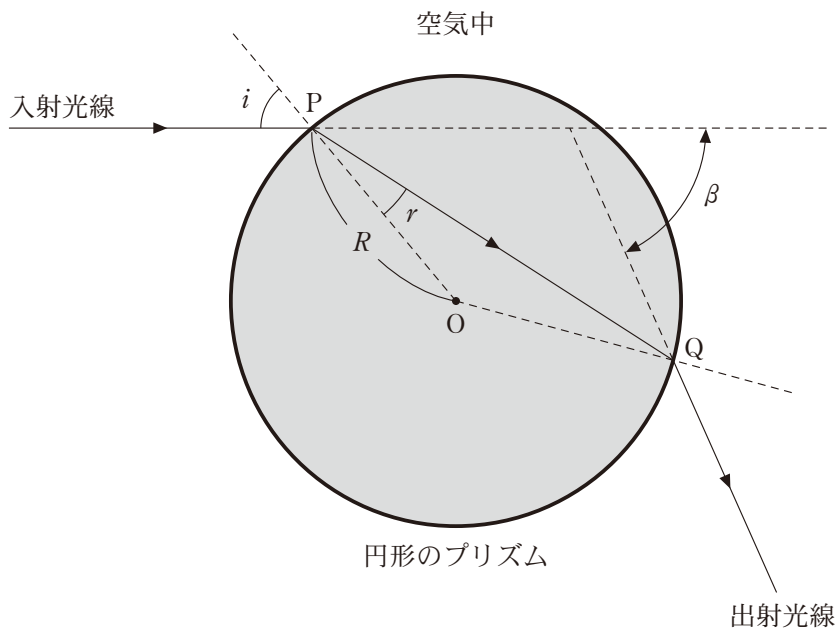


図 2

化 学

以下の問題で原子量の値が必要ならば，次の数値を用いよ。

H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, K = 39.1

I 次の図は周期表の第1周期から第3周期までを取り出したものである。なお，元素記号の代わりに記号 $a \sim r$ が使われている。これについて以下の問いに答えよ。

	1 族	2 族	13 族	14 族	15 族	16 族	17 族	18 族
第1周期	a							b
第2周期	c	d	e	f	g	h	i	j
第3周期	k	l	m	n	o	p	q	r

問 1 上の表に示した 18 種類の元素の単体について，常温常圧において二原子分子として存在するもの，単原子分子として存在するものをそれぞれ解答用紙の該当する欄に化学式で記入せよ。

問 2 上の表に示した 18 種類の元素の単体について，通常，金属として知られている元素はどれか。解答用紙の該当する欄に元素記号で記入せよ。

問 3 記号 m の元素と記号 h の元素からなる化合物は何か。その名称と化学式を記せ。また，この物質は塩酸にも水酸化ナトリウム水溶液にも溶ける。これらの反応を化学反応式で記せ。

問 4 記号 g の元素と記号 h の元素からなる化合物としては gh および gh_2 がよく知られている。これらの化合物は銅とある試薬を反応させて発生させることができる。その方法をそれぞれ化学反応式を用いて説明せよ。

問 5 記号 g の元素と記号 h の元素からなる化合物 gh_2 が水と反応するとどのような化学反応が起こるか。化学反応式で答えよ。

問 6 記号 o の元素と記号 h の元素からなる化合物は何か。その名称と化学式を記せ。また、その化合物が十分な量の水と反応するとどのような化学反応が起こるか。化学反応式で答えよ。

問 7 記号 c の元素と記号 h の元素からなる化合物 0.50 g を水に溶かして 100 mL の水溶液を調製した。この水溶液 10 mL を 0.10 mol/L の塩酸で中和するのに必要な塩酸の体積は何 mL か。なお、記号 c 、 h の元素の原子量をそれぞれ x 、 y とおいて式で答えよ。

問 8 記号 f の元素と記号 h の元素からなる化合物 fh_2 は水に少し溶けることができるが、その水溶液の液性は次のどれになるか。また、その理由を化学反応式を用いて説明せよ。

強酸性, 弱酸性, 中 性, 弱塩基性, 強塩基性

II 希薄溶液の凝固点降下に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

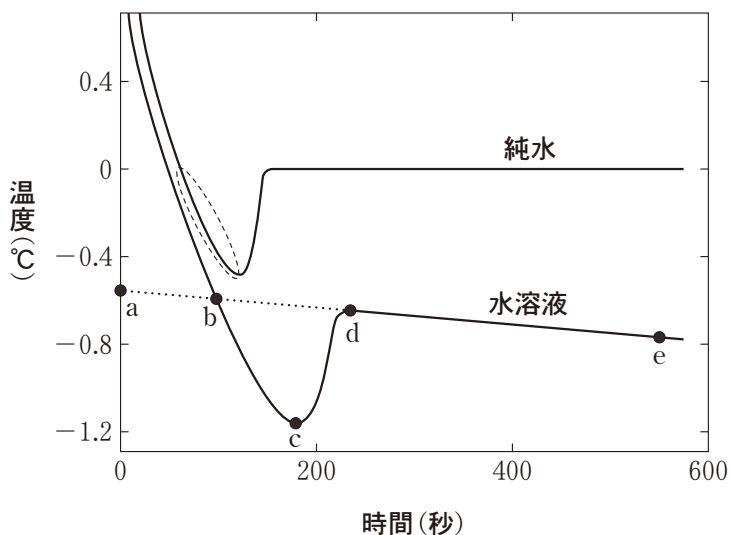
不揮発性溶質が溶けている溶液の凝固点は、純溶媒の凝固点に比べて低くなる。この現象を凝固点降下という。希薄溶液では、溶媒の凝固点と溶液の凝固点との差(凝固点降下度) Δt [K] は、溶液中の溶質の質量モル濃度 m [mol/kg] に比例する。

$$\Delta t = K_f m \quad \dots \textcircled{1}$$

ここで比例定数 K_f は、溶媒の種類によって決まり、溶質の種類には依存しない定数であり、モル凝固点降下と呼ばれる。水の K_f の値は $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ であり、ベンゼンの K_f の値は $5.12 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ である。

希薄溶液の凝固点降下は、溶液中に存在する溶質粒子の数に影響される。溶液中で溶質が電離してイオンを生ずる場合は、 Δt は、溶液中に存在する電離していない溶質粒子および電離によって生じたイオンの数の総和に対する質量モル濃度 m に比例する。また、溶液中で複数の溶質分子が水素結合や分子間力などによって結びつき、それが1つの溶質粒子のように振る舞うことがある。このことを会合といい、会合によって形成された溶質分子の集合体を会合体という。2個の溶質分子から形成された会合体を2量体、3個の溶質分子から形成された会合体を3量体などと呼ぶ。溶液中で溶質分子が会合体を形成する場合は、 Δt は、溶液中で会合せずに単独で存在している溶質分子および形成された会合体の数の総和に対する質量モル濃度 m に比例する。

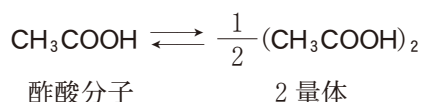
問 1 下図の曲線は、純水、およびある水溶性非電解質が溶けている水溶液のそれぞれを、ゆっくり冷やしていった場合の温度と時間の関係を示している。純水と水溶液のいずれについても、冷却開始後は温度が低下していき、最低温度に到達したあと、温度が上昇に転じている。純水の場合は、純水の融点である 0°C まで上昇し、その後、 0°C のまま一定となる。水溶液の場合は、約 -0.6°C まで上昇し、その後、時間経過とともに温度が少しずつ低下していく。図中の a 点と d 点をつなぐ点線は、水溶液に対する曲線の d 点から e 点までの部分を、冷却開始時刻まで延長した直線である。



- 1) 純水を冷却していくと、温度が純水の凝固点である 0°C 以下になっても液体の状態を保持し凍結しない状態(図中の破線で囲んだ領域)が見られる。このような状態の名称を答えよ。
- 2) 水溶液を冷却していった際に、氷ができ始めるのは、図中の a, b, c, d, e のうちのどの点か。a, b, c, d, e のいずれかの記号で答えよ。
- 3) 水溶液の凝固点は、図中の a, b, c, d, e のうちのどの点の温度に等しいか。a, b, c, d, e のいずれかの記号で答えよ。
- 4) 純水に対する曲線では時間が約 160 秒以上において温度が 0°C で一定になっているが、水溶液に対する曲線では d 点より長時間側で温度が一定にならず、温度が低下し続けている理由を説明せよ。


問 2 酢酸の水溶液中において、一部の酢酸分子が電離し、酢酸イオンと水素イオンを生じる。酢酸 3.00 g を水 500 g に溶かした水溶液の凝固点を有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も記せ。ただし、この水溶液中における酢酸の電離度は温度によらず 0.02 であるとする。

問 3 酢酸のベンゼン溶液中においては、酢酸分子は電離せず、また、一部の酢酸分子は水素結合により 2 分子間で結びつき、会合体(2 量体)を形成する。それ以外の酢酸分子はベンゼン溶液中で会合せずに単独で存在しており、単独で存在する酢酸分子と形成された 2 量体の間に、次式のように平衡(これを会合平衡という)が成り立っている。



酢酸 3.00 g をベンゼン 500 g に溶かしたベンゼン溶液の凝固点降下度 Δt が 0.261 K であったとき、ベンゼン中に溶かした酢酸分子の何%が 2 量体を形成したか。有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も記せ。ただし、このベンゼン溶液中で 2 量体を形成する酢酸分子の割合は温度に依存しないものとする。

問 4 分子量が 500 である水溶性非電解質 **A** を 15.0 g 量り取り、1.00 kg の水に溶かした水溶液中において、一部の溶質分子 **A** は分子 10 個が会合した会合体(10 量体)を形成する。それ以外の溶質分子 **A** は水溶液中で会合せずに単独で存在しており、単独で存在する溶質分子 **A** と形成された 10 量体の間に会合平衡が成り立っている。この水溶液中に溶かした溶質分子 **A** の 90 % が 10 量体を形成するとき、この水溶液の凝固点を有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も記せ。ただし、この水溶液中で 10 量体を形成する溶質分子 **A** の割合は温度に依存しないものとする。

Ⅲ 有機化合物の性質，構造，反応に関する文章を読み，以下の問いに答えよ。なお，有機化合物を構造式で解答する場合，ベンゼン環は  のように，アルキル基は CH_3- ， CH_3-CH_2- のように略記すること。

ベンゼンより *p*-ヒドロキシアゾベンゼン (*p*-フェニルアゾフェノール) をつくった。その過程において，以下の実験を行った。

(実験 1) ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)を作用させると，化合物 **A** が生じた。化合物 **A** は淡黄色の液体で，水に溶けにくいものであった。

(実験 2) 化合物 **A** にスズと塩酸を加えて反応させたところ，分子式 $\text{C}_6\text{H}_8\text{NCl}$ の化合物 **B** が得られた。化合物 **B** は水溶性であったが，水酸化ナトリウム水溶液を加えることで塩基の性質をもつ化合物 **C** が遊離した。化合物 **C** にさらし粉水溶液を加えたところ，赤紫色に呈色した。

(実験 3) 化合物 **C** に (イ) を作用させたところ，アセチル基を有する化合物 **D** と酢酸が生成した。

(実験 4) 化合物 **C** の希塩酸溶液を氷冷しながら，亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると，化合物 **E** が得られた。化合物 **E** の水溶液は低温では安定に存在したが，温度が上がると，化合物 **F**，塩化水素および窒素分子に分解した。

(実験 5) 化合物 **F** を取り出し，水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ，化合物 **G** の水溶液が得られた。化合物 **G** の水溶液を化合物 **E** の水溶液に加えたところ，赤橙色の *p*-ヒドロキシアゾベンゼン (*p*-フェニルアゾフェノール) が最終的に得られた。

問 1 化合物 **A**~**G** の構造式および化合物名を記せ。

問 2 (実験 2)の方法以外で、化合物 **A** から化合物 **C** に変える方法を化学反応式で記せ。

問 3 下線部(ア)で起こっている反応を化学反応式で記し、二つの塩基の強さを比較せよ。

問 4 空欄

(イ)

 に入る化合物名を記せ。

Ⅳ 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。なお、構造式で解答する場合、価標を明記すること。

油脂 **A** は、高級脂肪酸(以下脂肪酸とする)とグリセリン(1, 2, 3-プロパントリオール)**B** のエステルであり、動物の体内や植物の種子などに広く分布する。油脂は、水より軽く水に溶けにくく、ジエチルエーテルのような有機溶媒に溶けやすい。

油脂 **A** を水酸化ナトリウム水溶液でけん化することで得られる脂肪酸のナトリウム塩をセッケンという。セッケンは弱酸と強塩基の塩であり、水溶液中では一部加水分解し、水溶液は を示す。セッケンの炭化水素基 R は で、カルボキシ基の部分はイオンになっており、 であり、水中ではある濃度以上になると、 の部分を外側に、 の部分を中心にしてたくさん集まり、コロイド粒子をつくっている。これは と呼ばれる。また、油をセッケン水溶液に入れて振り混ぜると、セッケンは油滴の周りを取り囲み、分散する。この現象は、 と呼ばれ、この作用によって油汚れを落とすことができる。一方、セッケンはカルシウムイオンやマグネシウムイオンと水に溶けない塩をつくるので、⁽¹⁾これらのイオンを多く含む硬水や海水中では泡立ちが悪い。

問 1 グリセリン(1, 2, 3-プロパントリオール)**B** の構造式を記せ。

問 2 油脂を構成する脂肪酸の炭化水素基を R-としたとき、油脂 **A** の構造式を記せ。

問 3 炭化水素基 R-の炭素数が 17 の飽和脂肪酸のみを構成成分とする油脂の分子式と分子量を求めよ。

問 4 問 3 の油脂 1 g をけん化するのに必要な水酸化カリウムの質量を求めよ。また、その際の化学反応式(脂肪酸の炭化水素基を R-とすること)と計算式も記せ。

問 5 空欄 に最も適切な語句を次の中から選択せよ。

強酸性 弱酸性 中 性 弱塩基性 強塩基性

問 6 空欄 ~ に最も適切な語句を次の中から選択せよ。なお、同じ語句を複数回選択してもよい。

親水性 疎水性

問 7 空欄 , に最も適切な語句を記せ。

問 8 下線部(1)に関して、セッケンの代わりに長い炭化水素基をもつアルキル硫酸やアルキルベンゼンスルホン酸のナトリウム塩を用いた場合どのようなようになるか説明せよ。

生 物

I 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

現在、地球上には多種多様な生物^(ア)が、海洋、陸上それぞれの環境に適応しながら生息している。これらの生物は生息する環境の変化に合わせ、世代を繰り返しながら進化をし続けてきた。

19世紀以前、生物は無生物から自然に発生すると信じられていたが、この説は実験的に否定され、生物は生物から発生するという現在の考えに至っている。また、地球上において、最初の生命がどのように発生してきたのかについて、多くの研究者がその要因を模索した。生物を構成する物質を分析した結果、全ての生命が有機物から構成されていたことから、無機物から有機物を人工的に合成する実験が行われた。その結果、ある研究者が、実験により、無機物から有機物を人工的に生^(イ)み出すことに成功し、最古の生命環境の可能性を示した。

その後、多くの研究者が、死滅した生物の化石と現存する生物の骨などを用いて比較することで、生命の進化の道筋について、科学的に明らかにしてきた。現在では、化石や骨による形態学的な比較研究に加えて、新しい手法が用いられるよう^(ウ)になり、その結果、以前に唱えられていた生物の進化、系統とは違う結果になっているものもある。

現在では今までの進化の道筋ではなく、今後の生物の進化について予想を始める研究者もいる。それによると、現在の生物からは想像できないような形態の生物が示されている。

問 1 下線部(ア)に関して、現在の地球において、最も種数が多いのはどの動物門か答えよ。

問 2 下線部(イ)に関して，無機物から有機物を人工的に生み出すことに成功した研究者は誰か答えよ。また，その実験では，どのような物質が材料として用いられたか，水以外の物質名を2つ挙げ，それらを用いた理由を説明せよ。

問 3 下線部(ウ)に関して，生物の系統関係を明らかにするため，従来の形態学的方法に加えて新しい方法が用いられるようになってきた。その方法について，説明せよ。

問 4 以下に示す生物の変化について，生物学的な進化の事例として正しい番号をすべて選択せよ。

- ① モンシロチョウの幼虫が蛹を経て成虫に変化する。
- ② トレーニングによって人間の能力が変化する。
- ③ オオシモフリエダシャクの体色が地域の工業化の影響を受けて変化する。
- ④ ガラパゴス諸島に生息するフィンチのくちばしの形状が島ごとに変化する。

問 5 魚類・は虫類・哺乳類・両生類，これら4種類の動物群の系統樹を以下に示す。この図において，図中①～③の分岐を特徴づけている形質について記述しなさい。また，鳥類は，これら4種類の動物群のいずれと近縁か，その動物群の名称を答えよ。

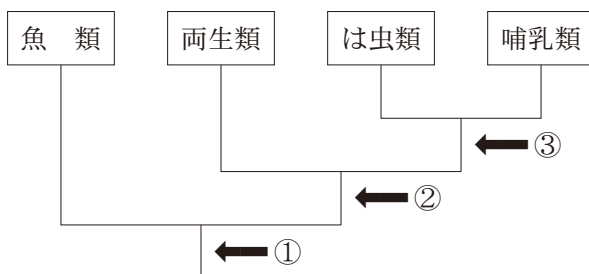


図 脊椎動物の系統樹

問 6 過去の地球においては、生物の大量絶滅が何度か起こっている。そのような絶滅は、生物の進化史にどのような結果をもたらしたか、説明せよ。

問 7 将来の生物の進化を想像するにあたり、現在の地球環境の変化を考慮して、どのような生物が出現してくると想像されるか、環境の変化とそれに適応した生物の構造がわかるように説明せよ。

II 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

PCR 法は、以下に示す①～③の過程を繰り返すことにより、特定の DNA 断片を多量に複製させることができる。

- ① 複製する DNA を含む溶液を 95 °C に加熱する。
- ② 50～60 °C に溶液の温度を下げる。
- ③ 72 °C に溶液の温度を上げる。

問 1 ①において、複製する DNA、プライマー、DNA ポリメラーゼ、水以外に、入れる必要がある物質を 4 つ挙げよ。

問 2 ①において、複製する DNA 断片は、何と何とを結ぶ何という化学結合が切れ、DNA はどのような状態になるか答えよ。また、細胞で DNA が複製されるとき、この反応に関与している酵素名を答えよ。

問 3 ①において、溶液に入れた酵素タンパク質である DNA ポリメラーゼが変性、失活しない理由を説明せよ。

問 4 ②と③の過程では、どのような反応が行われるか説明せよ。

問 5 理論上、元の DNA 断片を 1000 万倍以上に複製するには、①～③の過程を最低何回繰り返せばよいか答えよ。

問 6 細胞で DNA の複製が行われるとき、岡崎フラグメントと呼ばれる DNA 断片が作られる。岡崎フラグメントについて説明せよ。

問 7 DNA が半保存的に複製されることを証明したメセルソンとスタールの実験の概略について、以下の語句を全て用いて説明せよ。

大腸菌，培地， ^{14}N ， ^{15}N ，遠心分離

問 8 DNA が複製される過程で、塩基配列が変化することがあり、この現象は突然変異と呼ばれている。鎌状赤血球貧血症は、ヘモグロビンの遺伝子の塩基配列が1か所変化したために、赤血球の立体構造が変形し、貧血症が引き起こされる。生存に不利と思われるこの突然変異体が消失しない理由を説明せよ。

Ⅲ 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

大学生の N さんは、高校生の頃に使っていた教科書を読み返して、先輩の K さんと疑問に感じたところをディスカッションしてみることにした。

N さん：細胞の構造について教科書を読み返していると、原核生物と真核生物の細胞 ^(ア) ってものすごく違う構造をもつ ように見えたんですけど、ずっとさかのぼってみれば、原核生物も真核生物も共通祖先から分化したんですよ。どうやって共通のものから、こんなに異なるものが生まれたんだろう。両者の共通点や相違点を理解してみたいなあ、と思ったんですが…。

K 先輩：^(イ)なるほどね。進化的な順番としては、原核生物である真正細菌と古細菌が先に分化して、古細菌の一部から真核生物が進化してきたと考えられているよね。

N さん：そうでしたね。細胞の構造でみると、真核生物には細胞小器官であるミトコンドリアがあるけど、原核生物にはないですよ。教科書には、真核生物はミトコンドリアで呼吸をする、って書いてあるけど、納豆菌みたいに原核生物なのに呼吸を行う種も知られていて。なんだか頭がこんがらがっちゃって。

K 先輩：確かにミトコンドリアがないのに呼吸できるって不思議だね。真核生物では、細胞質基質で解糖系がはたらいて、反応産物がミトコンドリアのマトリックスに運ばれてクエン酸回路で有機物が分解されることで、NADH や FADH_2 といった ① がつくられるよね。NADH や FADH_2 が電子供与体になって、ミトコンドリアの内膜で電子伝達系がはたらいて、結果的に多くの ATP が合成される よね。電子伝達系では、酸素が最終的に ^(ウ) 電子をうけとる ② になって、③ が生じるよね。

N さん：呼吸の全体像は、そんな感じですよ。確かに解糖系やクエン酸回路でも ATP はつくられるけど、電子伝達系と比べると効率が悪い。まあ、原核生物の中には呼吸をしない、つまり 酸素を使わないで有機物を分解している種 ^(エ) もたくさんいる ^(オ) にはいますが…。ミトコンドリアの起源を考えると、

やっぱり納豆菌みたいに原核生物の中に酸素を使って呼吸を行うような種が比較的早くから進化していたはずですよ。

K先輩：そうだね。そういえば，原核生物のうち真正細菌には，まわりの有機物からエネルギーを得る従属栄養のものと，無機物から有機物を合成できる^(カ)独立栄養のものがあるよね。従属栄養の種の中には，酸素を用いて呼吸を行う好気性細菌もいたんだよ。27億年前くらいから，真正細菌の が光合成を始めたりして，地球の酸素濃度が高くなったとされているから，好気性細菌はそのころ進化したのかな。

T先生：二人とも勉強熱心で，感心だね。最近の研究では真核生物にかなり近い祖先種として，2000 m もの深海から古細菌の一種がみつかって培養されているらしいよ。なんでもその古細菌は，真核生物特有だと考えられてきた遺伝子を複数もっているんだって。

Nさん：あ，先生。聞いていらしたんですね。おもしろいことを教えてくださいありがとうございます。なるほど，その研究結果からは，真核生物が古細菌と近縁なことが裏付けられますね。

問 1 下線部(ア)の原核生物と真核生物の細胞の構造のうち，ミトコンドリア以外で，真核生物のみに見られる構造の名称を2つ挙げ，それぞれのはたらきを説明せよ。

問 2 下線部(イ)について，原核生物と真核生物の細胞で共通する点を2つ挙げよ。

問 3 ~ に入る語句を以下の語群から選び， には適切な語句を答えよ。

語群：アミノ酸，還元剤，酵素，酸化剤，硝酸，二酸化炭素，水

- 問 4 下線部(ウ)について，解糖系やクエン酸回路と電子伝達系では ATP 生産の方法が異なる。それぞれの ATP 生産の方法について簡単に説明せよ。
- 問 5 下線部(エ)において，酸素を使わないで有機物を分解する異化の代謝系の名称と化学反応式を 1 つ挙げよ。
- 問 6 本文中に書かれていることを踏まえると，下線部(オ)について，真核生物のもつミトコンドリアはどのようなプロセスで生じたと考えられるか，古細菌という語を使って説明せよ。
- 問 7 下線部(カ)の仲間で，光合成細菌に含まれる緑色硫黄細菌の行う光合成は，陸上植物の行う光合成とどのように異なっているのか説明せよ。

Ⅳ 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

地球上に生息する生物は多様であるが、単に生物の種数が多ければ多様であるのではなく、遺伝子や生態系のレベルでも多様であることが重要である。遺伝子、種、生態系のどのレベルにおいても、生物多様性が低下しており、その保全が国際的な目標になっている。それは世界的に認識されており、1992年に地球温暖化に関する条約と生物多様性条約が採択された。また2010年には、生物多様性条約第10回締約国会議が愛知県名古屋市で開催され、名古屋議定書や愛知目標が採択された。しかし現在、生物の絶滅が急激な速度で起こり、地球規模で生物多様性が失われている。野生生物のうち、個体数が減少し、近い将来絶滅の恐れがあるものを絶滅危惧種といい、それらはレッドリストとしてレッドデータブックにまとめられている。同じ種に属する個体は、一般的に集団をつくって生息している。その種が子孫を残すことなく消滅することを絶滅という。種の絶滅は、自然環境の変化も原因の1つであるが、人間の経済活動による影響も大きい。例えば、開発行為等による生息地の消失や、人間が導入した外来生物の影響などがあり、人間の経済活動は、生物多様性や環境に大きな影響を与えている。

また、生態系における生物多様性は、自然現象や人間の活動によるかく乱で維持されたり変化したりする。自然界では河川の氾濫、土砂崩れ、津波などが起きたとき、人間の活動では森林の大規模伐採や焼き畑などによってかく乱が起きる。

問 1 種レベルの生物多様性について述べた①～③から誤った文を1つ選び、正しい文に直せ。

- ① 一般に生育環境の地形が複雑なほど種の多様性は低い。
- ② 一般にある種に偏ることなく、多様な種がある生態系に均等に含まれているほど種の多様性は高い。
- ③ 一般に人間が持ち込んだ外来種が増加しても種の多様性が高いとはいえない。

問 2 遺伝子の多様性について述べた①～③から誤った文を1つ選び、その理由を述べよ。

- ① 同じ種の中に遺伝的に異なる個体が存在することは、環境の変化に適応するために重要である。
- ② 人為的に移入した生物であっても、同じ種の生物がその場所に生育している場合、生態系に影響は与えない。
- ③ 同じ種でも山や海などによって地理的に離れている場合、遺伝的に異なることがある。

問 3 生物多様性が著しく高い場所を下記の語群から1つ選べ。

高山 砂漠 熱帯雨林 サバンナ ツンドラ

問 4 外来生物は移入先で急激に個体数を増加する場合がある。その理由を説明せよ。

問 5 下に示す(1)、(2)の環境問題について、その原因と思われる物質がそれぞれの問題を引き起こす過程を説明せよ。

- (1) 地球温暖化
- (2) 赤潮

問 6 生態系におけるかく乱は、生物多様性に大きな影響を与える。かく乱が大きい場合やほとんど起こらない場合は、生物多様性は低下する。しかし中規模のかく乱が一定程度起こる場合は種の多様性が増加または維持されることがある。その理由を説明せよ。

問 7 生物の個体群の分断化や孤立化によって、種の絶滅が促進される。その理由を説明せよ。

地 学

I 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

天体までの距離の測定には、その距離に応じていくつかの方法がある。比較的近くにある恒星までの距離は^(a)三角測量の方法で測ることができるが、測定できる距離には限界がある。より遠い天体については、その天体の^(b)絶対等級が分かれば見かけの等級との比較からその天体までの距離を算定できる。^(c)

天体観測で得られる恒星の観測量としてスペクトル型と見かけの明るさがある。近傍の恒星について三角測量の方法など別の方法で距離が分かっているならば、スペクトル型と絶対等級を関連づけることができる。遠方の恒星についても、この関連づけを適用することで、観測されたスペクトル型から絶対等級を推定できる。恒星のスペクトル型については、^(d)恒星の表面温度 T [K] と最も強く放射される光の波長 λ_{\max} [μm] に関連がある。また、^(e)放射される光のエネルギーは恒星の表面温度と関係している。

さらに遠方の天体までの距離を推定するためには、遠方にも関わらず十分に明るく見える天体の絶対等級が分かればよい。例えば、ケフェウス座 δ 型変光星、こと座 RR 型変光星など脈動変光星の特徴を利用して絶対等級を推定する方法がある。^(f) また、^(g)Ia 型超新星の明るさから絶対等級を推定する方法がある。

問 1 下線部(a)に関連して、次の問い(1)と(2)に答えよ。

- (1) 地球から太陽系内の惑星 X までの距離を求めたい。惑星 X の公転周期を t 年とし、地球と惑星 X の軌道は同じ軌道面内の円軌道であるとして、惑星 X が地球に最も近づくときの距離 y を天文単位 (au) で記せ。
- (2) 惑星 X が金星の場合、金星が地球に最も近づくときの距離 y は何天文単位 (au) となるか、最も近いものを次の 1～5 から選び番号で答えよ。なお、金星の公転周期は 0.61 年である。

1. 0.18 au 2. 0.28 au 3. 0.35 au 4. 0.51 au 5. 0.62 au

問 2 下線部(b)に関連して、おおいぬ座シリウスの年周視差は $0.379''$ である。シリウスまでの距離は何パーセクか計算し答えよ。

問 3 下線部(c)に関連して、見かけの等級 10.8 等級、絶対等級 5.8 等級の天体までの距離は何パーセクか計算し答えよ。

問 4 次の問い(1)と(2)に答えよ。

(1) 下線部(d)の関係は何と呼ばれるか答えよ。

(2) その関係はどのようなものか、次の 1～6 から一つ選び番号で答えよ。

- | | | |
|-------------------------------------|--|--|
| 1. $\lambda_{\max} T = \text{一定}$ | 2. $\lambda_{\max} T^{-1} = \text{一定}$ | 3. $\lambda_{\max}^{-1} T = \text{一定}$ |
| 4. $\lambda_{\max} T^2 = \text{一定}$ | 5. $\lambda_{\max}^2 T = \text{一定}$ | 6. $\lambda_{\max}^{-1} T^2 = \text{一定}$ |

問 5 下線部(e)に関連して、表面温度が 8,000 K の恒星 A が 1 秒あたりに放出するエネルギーは、表面温度が 16,000 K の恒星 B の場合の何倍か答えよ。ただし、恒星 A の半径と恒星 B の半径は等しいとする。

問 6 下線部(f)について、どのような性質を利用できるか説明せよ。

問 7 下線部(g)に関連して、超新星爆発に関する次の問い(1)と(2)に答えよ。

(1) 超新星爆発とはどのような現象か説明せよ。

(2) 超新星爆発を経て、恒星はどのような終末を向かえることになるか説明せよ。

II 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

地球表層の水は、大気・海洋・氷河(山岳氷河と氷床)・河川・湖沼などに存在する。水の循環は、各領域における水の存在量と、領域間で輸送される量によって特徴づけられる。^(a)

各領域について水の平均滞留時間を、その領域における存在量とその領域に出入りする輸送量から見積もることができる。たとえば、大気中の水の全質量を W [kg]、陸上での降水による輸送量を P_{LAND} [kg/年]、海上での降水による輸送量を P_{OCEAN} [kg/年] とする(図1)と、これらから大気における水の平均滞留時間を見積もることができる。^(b)

水循環は、地球のエネルギー収支と密接に関係している。たとえば、陸面・海面における水の蒸発は、地表から大気への熱輸送を示唆する。^(c) また、氷河の存在は地球の気候の大きな特徴であり、エネルギー収支に重要な役割を果たしている。^(d)

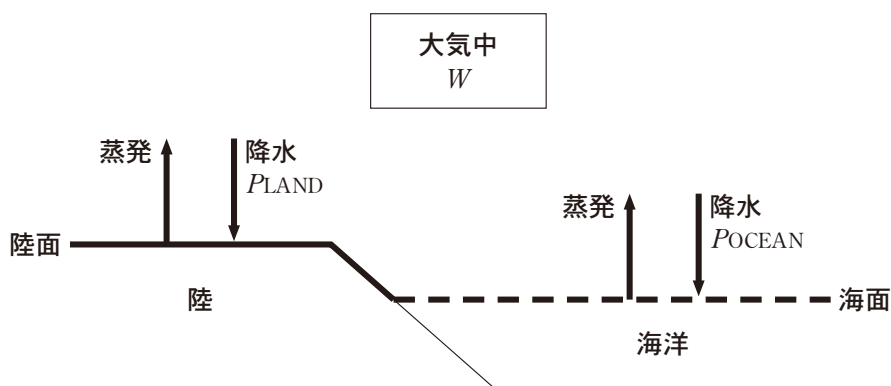


図1：大気への水の出入りを表す模式図

問 1 下線部(a)に関連して、次の問い(1)と(2)に答えよ。

(1) 次の各領域における水の存在量を、多いものから少ないものの順番に左から右に並べ、記号で答えよ。

ア 大気 イ 海洋 ウ 氷河や積雪

(2) 海洋では蒸発量が降水量を上回っている一方、陸上では両者の大小関係は逆になっている。これらのことから、海上の大気と陸上の大気の間の水の輸送について説明せよ。

問 2 下線部(b)に関連して、次の問い(1)と(2)に答えよ。

(1) 大気における水の平均滞留時間(単位は年)を、 W 、 P_{LAND} 、 P_{OCEAN} を用いて表せ。

(2) (1)の平均滞留時間を計算せよ。ただし、日の単位で答えよ。なお、必要であれば、次の数値を用いよ： $W = 13 \times 10^{15}$ kg、 $P_{\text{LAND}} = 111 \times 10^{15}$ kg/年、 $P_{\text{OCEAN}} = 385 \times 10^{15}$ kg/年。1年は365日とする。

問 3 地球全体で平均した1年あたりの降水量(単位はm/年)を、 W 、 P_{LAND} 、 P_{OCEAN} 、地球(球とみなす)の半径 A [m]、水の密度 d [kg/m³]、円周率 π のうち必要なものを用いて表せ。

問 4 下線部(c)に関連して、熱輸送がどのように生じているか説明せよ。

問 5 下線部(d)に関連して、次の問い(1)と(2)に答えよ。

(1) 次のア～ウの文について、正しいければ○印、誤っていれば×印を記せ。

ア 南極大陸とグリーンランドには、氷床が存在する。

イ 氷床には、約3000 mの厚さに達するものがある。

ウ 氷河における水の滞留時間は、1年程度である。

(2) 北極域では温暖化とともに海水が急速に減少している。海水面積の減少は、温暖化を増幅する作用があると考えられる。この増幅のしくみについて説明せよ。

Ⅲ 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

科学技術が発展するはるか前の紀元前 330 年ごろ古代ギリシャ人のアリストテレスは、ある天文現象から地球が球形をしていると考えていた。また北半球で南北に移動すると北極星の高度が変化することが地球が球形である証拠とも考えた。その後、紀元前 220 年ごろ、エラトステネスによって地球全周のおおよその長さが求められるようになった。

17 世紀になり、地球は完全な球ではなく、自転によって生じた力で変形した回転だ円体であると考えられるようになった。それを実測するためにフランス学士院は、高緯度のラップランドと赤道に近いペルー(現在のエクアドル)で、緯度差 1° あたりの南北間の弧の長さを測定した。その結果を下の表 1 に示す。現在では人工衛星などの科学技術を駆使して地球の赤道半径と極半径が正確に求められるようになり、扁平率は $1/298$ と求められている。

表 1

場 所	緯 度	緯度差 1° の距離
ラップランド	$66^\circ 20' \text{N}$	111, 992. 6 m
ペルー	$1^\circ 31' \text{S}$	110, 657. 0 m

問 1 地球を球として、次の問い(1)~(4)に答えよ。

- (1) 下線部(a)について、どのような天文現象から地球が球形をしているとアリストテレスは考えたか。その天文現象を答えよ。
- (2) 下線部(b)について、北極点から赤道まで移動すると北極星の高度はどのように変化するか。グラフで示せ。
- (3) アリストテレスが考えた下線部(a), (b)のほかに地球が球形であることによって起こる現象を 1 つ答えよ。
- (4) 下線部(c)について、愛知県刈谷市の北緯 $35^\circ 00'$ 、東経 $137^\circ 00'$ の地点と、石川県輪島市の北緯 $37^\circ 25'$ 、東経 $137^\circ 00'$ の地点は 269 km 離れている。エラトステネスの仮定と方法を用いて地球全周の長さを有効数字 2 桁で求めよ。

問 2 地球を回転だ円体として，次の問い(1)~(4)に答えよ。

- (1) 下線部(d)について，自転によって生じる力の名称を答えよ。
- (2) 下線部(e)について，地球に近い形をした回転だ円体の名称を答えよ。
- (3) 下線部(f)について，測定結果から地球はどのような形状の回転だ円体をしているか説明せよ。図を用いてもよい。
- (4) 下線部(g)について，赤道半径が 298 mm の地球儀を作ろうとすると極半径は何 mm にすればよいか，計算し答えよ。

問 3 次の問い(1)と(2)に答えよ。

- (1) ジオイドと一致する 1 つの閉じた曲面として最も適当なものを下の選択肢から選び，記号で答えよ。
 - ① モホ不連続面
 - ② 圏界面
 - ③ アスペリティー
 - ④ 平均海面
- (2) ジオイドと地球に近い形をした回転だ円体との間にはずれが生じている。その理由を述べよ。

Ⅳ 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

宇宙が誕生したのは今から約 138 億年前である。その後、宇宙には様々な天体が形成され、地球が誕生したのは約 億年前である。誕生直後の地球には微惑星が頻繁に衝突・合体し、地球表面は高温で溶解し、 に覆われていた。地球が誕生した頃の大気の組成は と水蒸気が主体であった。大気中の水蒸気は地球の冷却に伴い液体の水として地表に降り注ぎ、 が形成された。ここに初期の嫌気性の微生物が誕生したと考えられている。やがて光合成を行う原核生物の ^(a) が誕生し、酸素が放出されるようになった。酸素が増加してくると、およそ 20 億年前に細胞内に核をもつ真核生物が誕生した。さらに約 6 億年前になると多様な大型の生物群が現れた。大気圏上層ではオゾン層が形成されるようになり、^(b) 陸上に進出する生物が現れた。^(c)

古生代後半になると陸上森林が発達した。動物にとっても新たな生息域が広がり、陸上動物の多様化が起こった。また、多量の植物遺骸の堆積が起こることで の元となった。この結果、 の濃度が大きく減少し、 の濃度が上昇した。古生代が終わる頃になると気候は寒冷化し、^(d) 南半球には大きな氷河が発達した。

問 1 上の文章中の空欄 ~ に入れる最も適切な語句を答えよ。なお、同一語句を繰り返し用いてもよい。

問 2 下線部(a)に関連して、この微生物はどのようなエネルギーを利用して生活していたか説明せよ。

問 3 下線部(b)に関連して、次の問い(1)と(2)に答えよ。

- (1) この生物群の化石は世界各地の同時期の地層から見つかっている。この生物群は何とよばれるか。
- (2) この生物群の特徴について説明せよ。

問 4 下線部(c)に関連して、次の問い(1)と(2)に答えよ。

- (1) オゾン層はどのように形成されるか説明せよ。
- (2) オゾン層の発達がなぜ、生物の陸上への進出につながったと考えられるか説明せよ。

問 5 下線部(d)に関連して、寒冷化の原因について説明せよ。

問 6 次のA～Eの文について、正しいければ○印、誤っていれば×印をつけよ。

- A. プレートの動きに伴って大陸分布は変化してきたが、約6億年前ころまでに現在の姿の太平洋や大西洋が形成された。
- B. 地球には磁気圏があり、生物にとって有害となる太陽風が地表に降り注ぐのを防いでいる。
- C. 人間の活動で放出されたフロンは成層圏にオゾンホールを形成するが、1980年代に国際的な取り決めが結ばれ、現在ではオゾンホールが発生することはない。
- D. 古生代後半に超大陸パンゲアが出現すると、地球環境は大きく変化し、低緯度の浅い海では多様な動物が栄えた。
- E. 中生代になると、温暖な海でアンモナイトが大繁栄し、陸上では裸子植物が全盛期を迎えた。