

平成28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	17 ページまで
生 物	18 ページから	22 ページまで
地 学	23 ページから	28 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 に最も適切な文章、語句、数値、数式、または選択肢の記号を記入せよ。(40点)

問 1 地球表面における重力加速度の大きさは、地球の質量 M 、地球の半径 R 、万有引力定数 G を用いて $\frac{GM}{R^2}$ と表されるとする。同様に、月表面における重力加速度の大きさは、月の質量 m 、月の半径 r 、 G を用いて $\frac{Gm}{r^2}$ と表される。また、地球の平均密度は $M/(\frac{4}{3}\pi R^3)$ 、月の平均密度は $m/(\frac{4}{3}\pi r^3)$ で与えられる。

月表面における重力加速度の大きさは地球表面における値の $\frac{1}{6}$ 倍である。月と地球の平均密度が同じであると仮定した場合、月の半径は地球の半径の (1) 倍になる。ところが、実際の月の半径は地球の半径の約 $\frac{3}{11}$ 倍である。したがって、月の平均密度は地球の平均密度と比較して、 (2) (ア) 大きい (イ) 同じ (ウ) 小さい ことがわかる。

問 2 図 1-I のように、スピーカー S_1 と S_2 が十分離れて置かれ、 S_1 と S_2 を結ぶ直線 AB 上に音波を測定する測定器がある。2つのスピーカーには1つの発振器と閉じられたスイッチが接続され、それぞれのスピーカーからは同じ振動数 f [Hz] と同じ振幅の音波が出ている。これらの実験装置は大気中に置かれ、スピーカーから出た音波の振動数、振幅、速度はそれぞれ一定値をとり、変化しないものとする。 S_1 と S_2 を結ぶ直線 AB 上で測定器の場所を変えて音波を測定すると、音の大きさが最大になる場所が x [m] の間隔で存在した。このことから、 S_1 と S_2 の間には音波の定常波が存在することがわかる。これは音波が (3) (ア) 反射 (イ) 屈折 (ウ) 回折 (エ) 干渉 するために起こる現象である。このときそれぞれのスピーカーが発する音波の速さ V [m/s] を求めると (4) [m/s] となる。

次に、スイッチを開いて S_2 から出ている音を止めた。 S_1 と S_2 を結ぶ直線 AB 上で測定器を S_1 に向かって一定の速さ v [m/s] で動かすと、 f と異なる振動数が測定された。この測定された振動数は f 、 V 、 v を用いて (5) [Hz] と表される。さらに、スイッチを閉じて同様の測定を行うと、1秒間に n 回のうなりが観測された。このとき測定器の速さ v は f 、 V 、 n を用いて (6) [m/s] と表される。

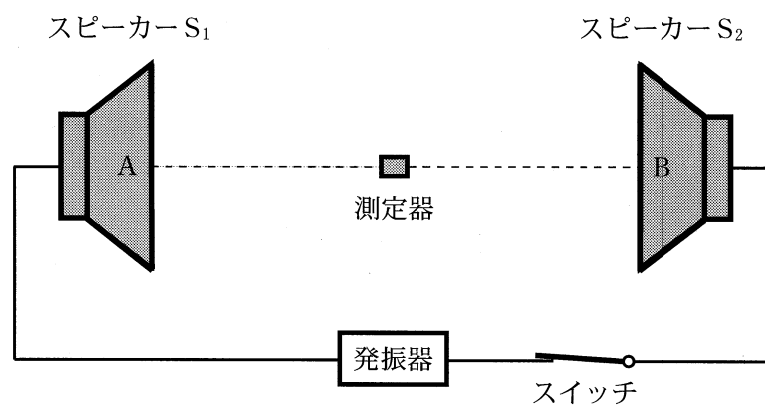


図 1-I

問 3 図 1—II のように、断熱容器に一定量の単原子分子の理想気体を入れ、面積 $S[\text{m}^2]$ のなめらかに動くピストンで閉じ込める。断熱容器は大気中に置かれ、またピストンは軽い断熱材でできている。ピストンにはばね定数 $k[\text{N/m}]$ のばねが取り付けられ、その他端は容器の端に固定されている。最初、容器内の圧力は大気圧と同じく $p[\text{Pa}]$ 、容器内の気体の部分の長さは $L[\text{m}]$ 、気体の温度は $T[\text{K}]$ の状態であり、ばねは自然の長さであった。このときの理想気体の状態方程式は、物質質量 $n[\text{mol}]$ と気体定数 $R[\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$ を用いて $pSL = nRT$ と書ける。

ピストンを固定して体積を一定にしたまま、容器内の気体に $Q[\text{J}]$ の熱を与えた。このとき、気体の内部エネルギーの増加量は $[\text{J}]$ であり、気体の温度上昇 $\Delta T[\text{K}]$ は $[\text{K}]$ となる。また、気体の圧力は p 、 T 、 ΔT を用いて $[\text{Pa}]$ と表される。

次に、容器内の圧力と気体の温度を最初の状態 ($p[\text{Pa}]$ と $T[\text{K}]$) に戻し、固定していたピストンを自由にした。容器内の気体に徐々に熱を加えると、ばねが縮んでピストンは $x[\text{m}]$ 移動した。このとき、弾性力によって圧力が増加し、容器内の気体の圧力は $[\text{Pa}]$ となる。また、気体が外部にした仕事は、気体が弾性力に逆らってした仕事 $[\text{J}]$ と大気圧に逆らってした仕事 $[\text{J}]$ の合計となる。

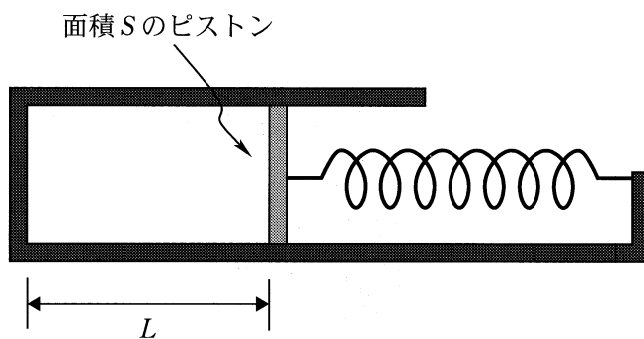


図 1—II

問 4 磁石によって生じた磁場(磁界)の中にコイルを置いて、磁石を動かしたりコイルを動かしたりするとコイルに電圧が発生して電流が流れる。このような現象を (13) という。図 1—Ⅲのように、内壁がなめらかでまっすぐな銅の管を垂直に立てて、N 極を下にして管の上端から中に円柱形の磁石を落とした。すると、管の下端における磁石の速さは、磁石を管と同じ長さだけ自由落下させた場合と比較して小さく、管を通過する時間は長くなった。ただし、磁石は管の中で常に N 極を下にして落下するものとする。このような現象が起こる理由を (14) に記入せよ。

次に、上記の銅の管と同じ形と大きさのアルミニウムの管と真ちゅう(銅と亜鉛の合金)の管を用意し、この 2 つの管と上記の磁石を使って、同様の実験を行った。その結果、管の下端における磁石の速さは真ちゅうの場合が一番大きく、次いでアルミニウム、銅の順であった。この結果より、抵抗率は (15) (ア) 銅 (イ) アルミニウム (ウ) 真ちゅうの値が一番小さいことがわかる。

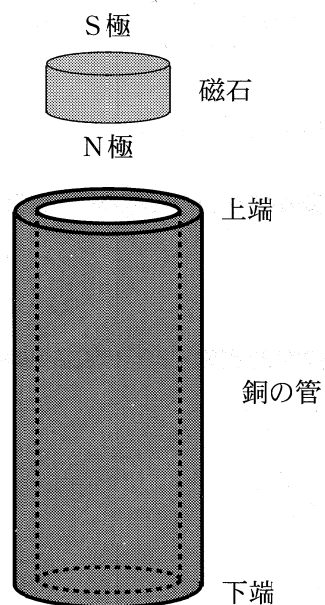
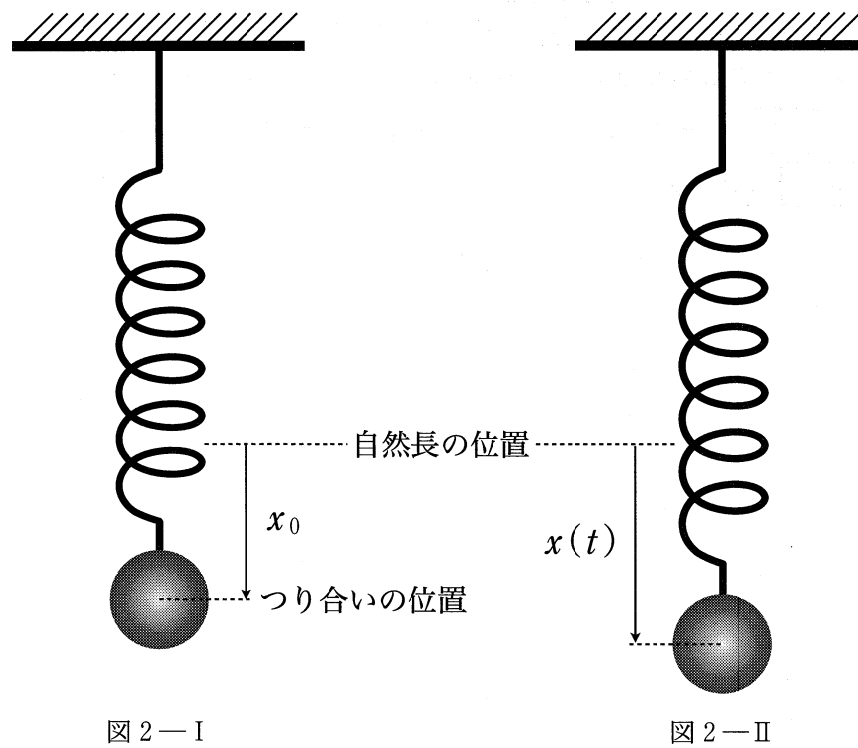


図 1—Ⅲ

問 5 原子番号の大きな原子核には不安定なものがあり、放射線を放出して安定な別の原子核に変わっていく。これを原子核の崩壊という。原子核の崩壊には α 崩壊と β 崩壊があり、 α 崩壊は不安定な原子核が α 粒子を放出し、原子番号が 減り、質量数が 減って、別の原子核になる現象である。 β 崩壊は不安定な原子核内の中性子が β 線を放出して陽子に変わり、原子番号が 増えて、別の原子核になる現象である。

時刻 $t = 0$ に N_0 個あった不安定な原子核が半減期 T で崩壊して安定な原子核へ変わるとき、時刻 t で崩壊せずに残っている原子核の数は と表される。ウラン $^{238}_{92}\text{U}$ の半減期が 7.0×10^8 年であるとき、この原子核の数が現在の $\frac{1}{8}$ になるのは 年後である。

- 2 ばね定数 k のばねの一端に質量 m の小球をつなぎ、図 2—I のように他端を天井に固定してつるす。ばねの質量と空気の抵抗は無視できるとし、重力加速度を g として以下の各問に答えよ。(30 点)



問 1 小球をつり合いの位置で静かに離したところ、ばねは自然の長さ(自然長)から x_0 だけ伸びていた。伸びの長さ x_0 を求めよ。

小球をつり合いの位置から A だけ引き下げ、時刻 $t = 0$ で静かに放したところ、図 2—II のように小球はつり合いの位置を中心として鉛直方向に振動を始めた。

問 2 小球の振動の角振動数 ω を求めよ。

問 3 時刻 $t (> 0)$ のとき、ばねの自然の長さの位置を原点として鉛直下方に測った小球の位置を $x(t)$ とする。 $x(t)$ を x_0 , A , ω , t を用いて表せ。ただし、鉛直下向きを x の正の向きとする。

問 4 小球がつり合いの位置を通過するときの速さを求めよ。

次に、小球を再びつり合いの位置にもどして静かに回したところ、図2—Ⅲのように小球は水平面内で半径 r 、角速度 Ω の等速円運動を始めた。このとき、ばねは自然長から x_1 だけ伸びている。

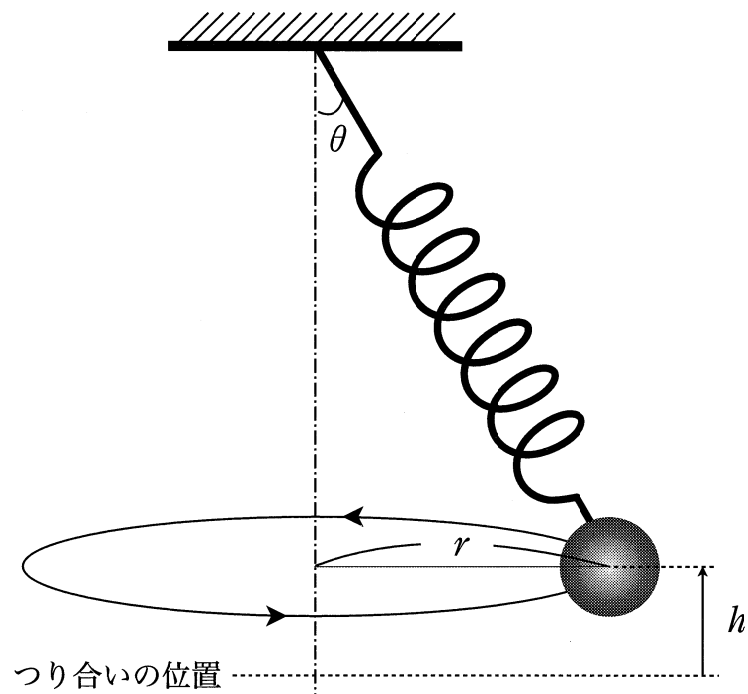


図2—Ⅲ

問5 ばねと鉛直下方向の間の角度を θ とするとき、 $\tan \theta$ を r 、 Ω 、 g を用いて表せ。

問6 ばねの自然長からの伸び x_1 を k 、 m 、 g 、 r 、 Ω を用いて表せ。

問7 円運動していた小球とばねのつなぎ目が突然外れた。外れた瞬間の小球の速度の大きさ v_0 を書け。また、その速度の方向を次の選択肢(ア)~(エ)から選び、その記号を解答欄に記入せよ。

- (ア) 遠心力の方向 (イ) 円運動の接線方向 (ウ) 鉛直下方向 (エ) ばねが伸びる方向

問8 切り離されてから t 秒後の小球の速さを v_0 、 g 、 t を用いて表せ。

問9 円運動していた小球がばねから切り離されなかった場合、現実には、小球は空気抵抗を受けてゆっくりと減速し、やがて静止する。このとき、失われた力学的エネルギーはどれだけか。小球の質量 m 、重力加速度 g 、ばね定数 k 、円運動の最初の速さ v_0 、ばねの伸び x_1 、円運動していた小球の最初の高さ h 、静止したときのばねの伸び x_0 を用いて表せ。ただし、高さ h は静止したときの小球の位置から測ったものとする。

3 以下のA, Bの各問に答えよ。(30点)

A 図3-Iのように、起電力が E_0 と E_1 の電池、全体の長さが l でその抵抗値が R_0 の様な太さの抵抗線AB、抵抗値が R_1 と R_2 の抵抗器、電気容量が C のコンデンサー、スイッチSおよび検流計Gからなる回路がある。抵抗線の一端Aから抵抗線の接点Tまでの長さを x とする。ただし、電池の内部抵抗はないものとし、 $0 < E_1 < E_0$ および $0 < x < l$ である。

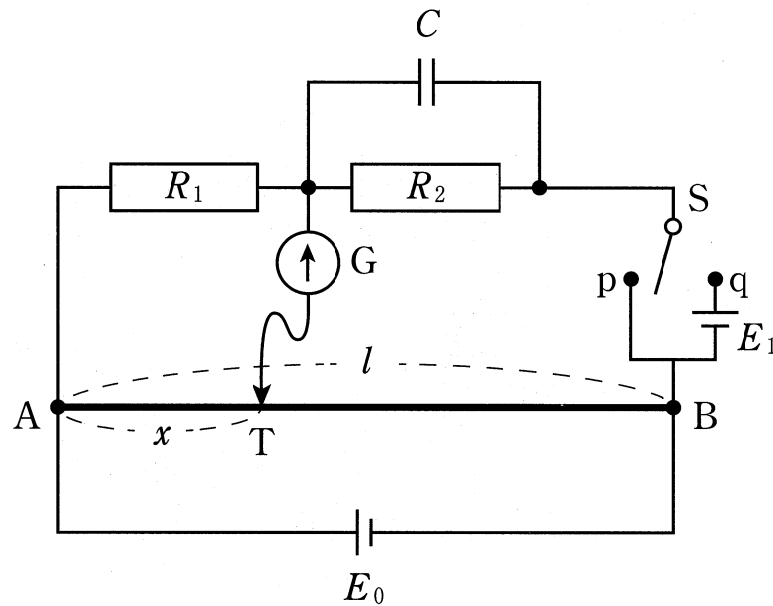


図3-I

スイッチSをpに接続し、接点Tを移動させて検流計Gに電流が流れないようにした後、十分に時間がたった。

問1 抵抗線のAT部分に流れる電流 I_{AT} と抵抗値 R_1 の抵抗器に流れる電流 I_1 をそれぞれ求めよ。

問2 検流計Gに電流が流れなくなったときの x を R_1 , R_2 , l を用いて表せ。

問3 コンデンサーに蓄えられる電荷量 Q を E_0 , R_1 , R_2 , C を用いて表せ。

次に、スイッチSをqに接続し、接点Tを移動させて検流計Gに電流が流れないようにした後、十分に時間がたった。

問4 このときの $\frac{E_1}{E_0}$ を l , x , R_1 , R_2 を用いて表せ。

B 図3—IIのように、単位長さあたり n 巻のコイル1と1巻のコイル2を上部にすきまのある正方形の断面をもつ鉄心にぴったりと巻きつけた。コイル1には電流が時間変化できる直流電源を取りつけた。直流電源によって、コイル1に流れる電流を図3—IIIのように時間変化させたとき、鉄心上部のすきまには矢印の向きに磁場(磁界)が生じ、コイル2には大きさ V の誘導起電力が生じる。時刻0から $2t$ までを過程1、 $2t$ から $4t$ までを過程2、 $4t$ から $5t$ までを過程3とする。コイル1の抵抗を R 、断面積を S 、鉄心の透磁率を μ 、 $2t$ から $4t$ までの一定の電流値を I として、以下の問いに答えよ。ただし、鉄心内の磁束と鉄心上部のすきまの磁束はコイル1によって発生した磁束と等しく、すきまに発生する磁場は一樣であるとする。また、コイル2の抵抗は無視する。

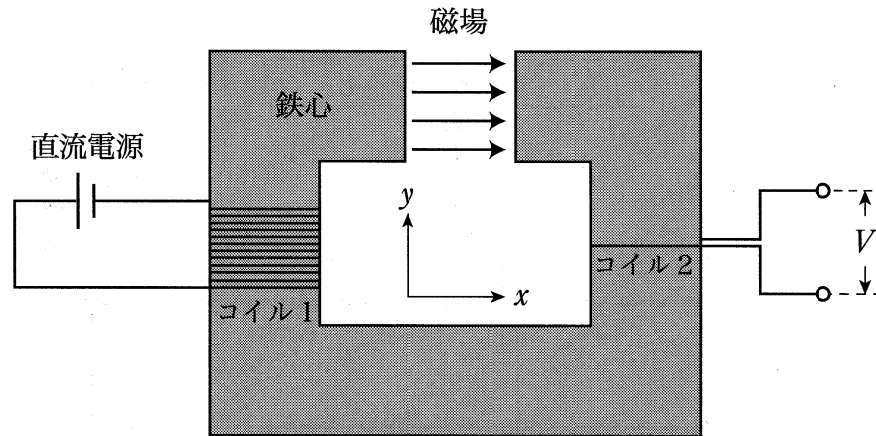


図3—II

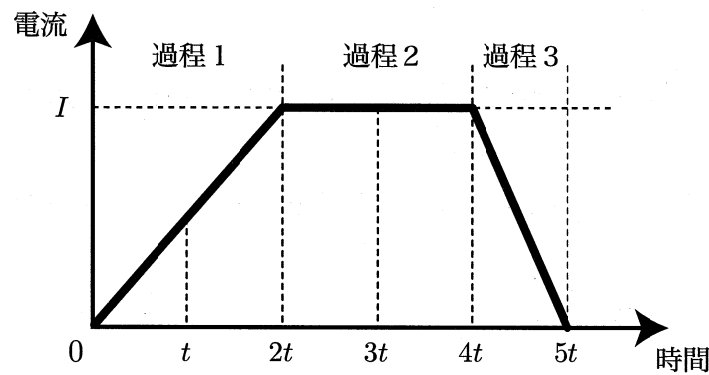


図3—III

問5 過程1でコイル2に生じる誘導起電力の大きさ V_1 を n, t, S, μ, I を用いて表せ。ただし、コイル1内に発生する磁場は、コイル1と同じ巻数の円形コイル内部に生じる一様な磁場と同じであるとする。

問6 過程1でコイル2に生じる誘導起電力の大きさ V_1 と過程3でコイル2に生じる誘導起電力の大きさ V_3 との比 $\frac{V_1}{V_3}$ を求めよ。

問7 過程2の時刻 $2t$ から $4t$ の間でコイル1に発生するジュール熱の大きさ W を t, R, I を用いて表せ。

次に、コイル1に一定の電流を流す。そのとき鉄心上部のすきまに生じる磁場の磁束密度の大きさを B とする。磁場に垂直で、紙面表から裏に向かう方向に、電荷 $-e$ ($e > 0$)、質量 m の電子を速さ v で鉄心上部のすきまに撃ち込んだ。ただし、重力と空気抵抗は無視できるとする。

問 8 電子が磁場から受ける力の大きさ F を B , e , v を用いて表せ。

問 9 鉄心上部のすきまに進入した直後に、電子の運動はどの方向に変化するのかを以下の選択肢(ア)~(エ)の中から1つ選び、その記号を記入せよ。ただし、図3-IIのようにすきま部分の磁場と平行方向に x 軸、その鉛直方向に y 軸をとり、矢印の向きを正とする。

(ア) x 軸の正の方向 (イ) x 軸の負の方向 (ウ) y 軸の正の方向 (エ) y 軸の負の方向

問10 撃ち込んだ電子はある時間経過したのちに、電子を入射した向きと逆向きに飛び出してきた。鉄心上部のすきま内の一様な磁場中に進入してから飛び出すまでの時間 t' を B , e , m 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, He = 4.00, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, Mg = 24.3,

S = 32.0, Cl = 35.5, Ar = 39.9, Ca = 40.0, Br = 79.9, Ba = 137

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(16点)

周期表 17 族の F, Cl, Br, I などの元素をハロゲンと呼ぶ。ハロゲンの原子は最外殻に 7 個の電子をもち、1 価の陰イオンになりやすい。また、化合物中では酸化数が -1 になることが多い。しかし、次亜塩素酸のようにハロゲンの原子の酸化数が -1 以外の値になることもある。^(a)

ハロゲンの単体はいずれも二原子分子であり、融点や沸点は原子番号が大きいほど高い。なお、ヨウ素は常温で昇華性がある。また、ハロゲンの単体はいずれも酸化剤としてはたらく。^(b)

ハロゲン化水素の中ではフッ化水素が最も沸点が高い。これは、フッ化水素では分子間に 1 結合による引力が強くはたらくからである。塩化水素は、塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱すると発生し、^(c) 2 置換で集めることができる。塩化水素の水溶液である塩酸は代表的な強酸であり、さまざまな金属と反応し水素を発生する。^(d) また、密閉容器に水素とヨウ素を入れて加熱すると、一部が反応してヨウ化水素が生成する。^(e) ^(f)

問 1 上の文章中の 1 および 2 に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(a)について、次亜塩素酸中の塩素の酸化数を答えなさい。

問 3 下線部(b)について、昇華とはどのような現象か 25 字以内で説明しなさい。

問 4 下線部(c)について、以下の(ア)~(ウ)の中から反応が起こらないものを 1 つ選び、記号で答えなさい。

(ア) KBr 水溶液と Cl₂ (イ) KCl 水溶液と I₂ (ウ) KI 水溶液と Br₂

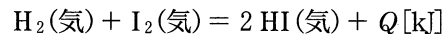
問 5 下線部(d)の反応について、化学反応式を書きなさい。

問 6 下線部(e)について、以下の(ア)~(オ)の金属の中から塩酸と反応し水素を発生するものをすべて選び、記号で答えなさい。

(ア) Cu (イ) Zn (ウ) Au (エ) Ca (オ) Fe

問 7 下線部(f)について、以下の(1)~(3)の問いに答えなさい。

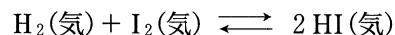
(1) H-H, I-I, H-I の結合エネルギーをそれぞれ 432 kJ/mol, 149 kJ/mol, 295 kJ/mol としたとき、水素とヨウ素からヨウ化水素が生成する反応の熱化学方程式



の反応熱 $Q[\text{kJ}]$ を答えなさい。

(2) 容積 3.0 L の密閉容器に水素を 1.0 mol, ヨウ素を 1.0 mol 入れて反応を開始させたところ、2 分後にヨウ化水素が 0.20 mol 生成された。この反応が開始してから 2 分間の水素の平均の分解速度 $[\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min})]$ はいくらになるか、有効数字は 2 桁とし、3 桁目を四捨五入して答えなさい。

(3) 容積 3.0 L の密閉容器に水素を 1.0 mol, ヨウ素を 1.0 mol 入れ、ある一定温度に保つと以下の平衡状態になった。



このときの平衡定数を 36 とするとき、ヨウ化水素が何 mol 生成しているか、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 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(17点)

試薬 A (分子量: 60.0) は、式①に示すように水溶液中のカルシウムイオンと不可逆に反応して錯イオンを生じる。また、試薬 A はカルシウムイオン以外の物質とは反応しない。



問 1 水溶液中のカルシウムイオンがすべてなくなったときに色が変わる指示薬 B がある。試薬 A と指示薬 B を用いて、地下水中のカルシウムイオンの濃度を調べた。

まず、0.300 g の試薬 A を純水に溶かして正確に 100 mL にした。 調製した試薬 A の水溶液の少量を用いてビュレット をすすぎ、 その後ビュレットの 0.00 mL の目盛まで試薬 A の水溶液で満たした。 次に、地下水 50.0 mL を正確に量り取り、純水でよくすすいだコニカルビーカー に入れた。 ここに数滴の指示薬 B を加え、コニカルビーカー内の水溶液の色が変わるまで、 ビュレットから試薬 A の水溶液を滴下した。 滴下終了時におけるビュレット内の液面は、図 I のようになっていた。ビュレットの数字の単位は mL である。また、図 I において、灰色に塗られた部分は、試薬 A の水溶液で満たされていることを示している。

以下の(1)~(5)の問いに答えなさい。

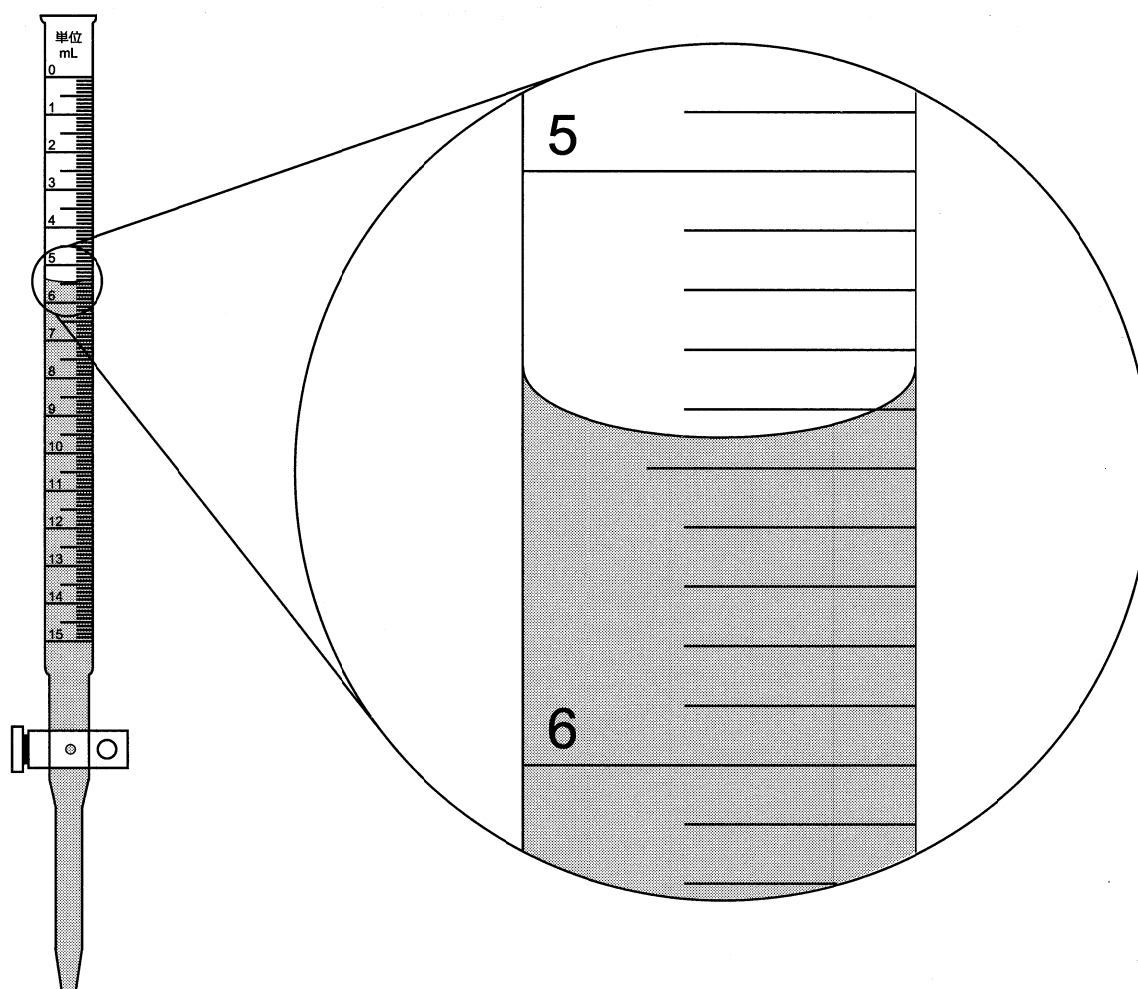
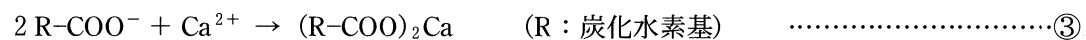
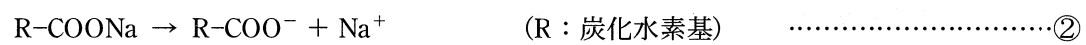


図 I

- (1) 下線部(a)で調製した試薬 A の水溶液のモル濃度を答えなさい。
- (2) 下線部(b)で示されている器具の洗い方の名称を答えなさい。
- (3) 下線部(c)のコニカルビーカーを純水でぬれたまま実験に使った場合、滴定終了時まで滴下する試薬 A の水溶液の体積に影響はあるか。その理由とともに 80 字以内で答えなさい。
- (4) 図 I に基づいて、滴定終了時まで滴下した試薬 A の水溶液の体積を答えなさい。
- (5) 今回測定した地下水中のカルシウムイオンのモル濃度を答えなさい。

問 2 セッケン C(分子量：300)は、式②に示すように水溶液中で完全に電離している。電離して生成した脂肪酸イオンは、式③に示すように水溶液中のカルシウムイオンとのみ不可逆的に反応する。



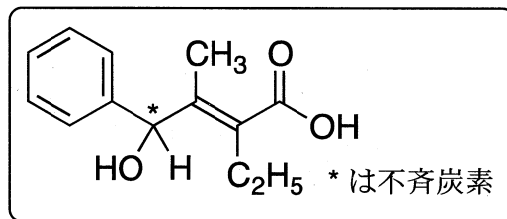
以下の(1)~(3)の問いに答えなさい。

(1) カルシウムイオンの濃度が $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ である水道水 60.0 L に、15.0 g のセッケン C を加えてよく攪拌した。このセッケン水中に溶けている脂肪酸イオンのモル濃度を答えなさい。ただし、加えたセッケン C による溶液の体積変化は無視できるものとする。

(2) カルシウムイオンの濃度が $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ である水道水 60.0 L に、6.00 g の試薬 A を加え、完全に反応させた。この後、さらに 15.0 g のセッケン C を加えてよく攪拌した。このセッケン水中に溶けている脂肪酸イオンのモル濃度を答えなさい。ただし、加えた試薬 A およびセッケン C による溶液の体積変化は無視できるものとする。

(3) (1)と(2)のセッケン水を比べたとき、洗浄力はどちらが高いか、それとも同じか。その理由とともに 40 字以内で答えなさい。

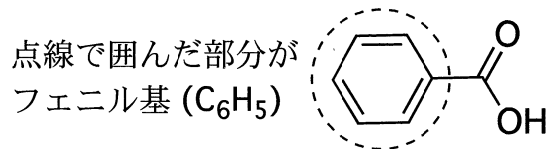
3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。構造式を書くときは、例1の記入例にならって書きなさい。(17点)



例1

化合物A, B, Cについて以下の実験を行った。

- 実験1：化合物A, B, Cが溶けているエーテル溶液を少量とり塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたところ、溶液の色に変化は見られなかった。
- 実験2：化合物A, B, Cが溶けているエーテル溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加え塩基性にした後、エーテルを加え、分液漏斗に入れて混ぜ、エーテル層と水層とに分けた。得られたエーテル層を分析したところ化合物BとCが存在していることが確認された。
- 実験3：実験2で得られた水層に含まれる化合物を分離し、固体の水酸化ナトリウムと高温で反応させた。その後、生じた化合物を水に溶かし二酸化炭素と反応させたところフェノールが得られた。
- 実験4：実験2で得られたエーテル層に塩酸を加え酸性にした後、ジエチルエーテルを加え、分液漏斗に入れて混ぜ、エーテル層と水層とに分けた。得られたエーテル層を分析したところ化合物Cのみが存在していることが確認された。
- 実験5：実験4で得られた水層を冷却しながら亜硝酸ナトリウム水溶液と反応させた後、温度を上げたところ気体Dと塩化水素が生じ、フェノールが得られた。
- 実験6：化合物Cを低温でオゾンと反応させ、還元剤である亜鉛で処理すると、フェニル基(図Ⅱ)を有する2種類の化合物が得られた。また、得られた2種類の化合物をそれぞれフェーリング液とともに加熱すると1つだけが赤色の沈殿を生じた。



図Ⅱ

実験7：化合物C 31.2 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 105.6 mg と水 21.6 mg が得られた。

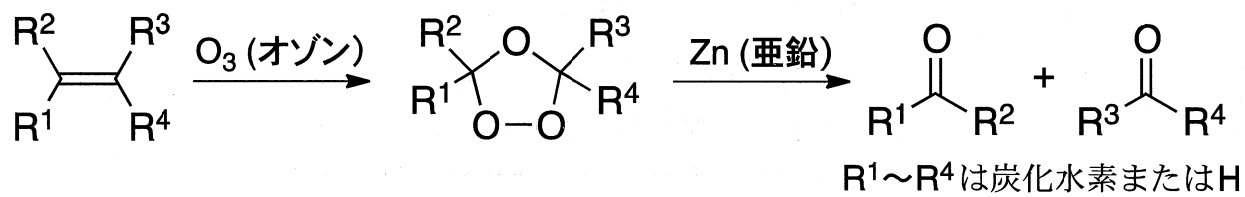
問1 化合物Aの構造式を書きなさい。

問2 化合物Bの構造式を書きなさい。

問3 気体Dの化学式を書きなさい。

問4 27.9 gの化合物Bと13.8 gの亜硝酸ナトリウムを用い実験5を行ったときに、理論上、生じるフェノールの質量(g)を求めなさい。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 5 実験 6 で行われたオゾン分解反応は、一般的に以下のような反応機構で進行していると考えられている(図Ⅲ)。フェーリング液とともに加熱すると赤色の沈殿を生じさせた化合物の構造式を書きなさい。



図Ⅲ オゾン分解反応

問 6 化合物 C の組成式を書きなさい。

問 7 フェニル基に含まれる二重結合の数を 3 つとすると、化合物 C に含まれる二重結合の数は 7 つであった。化合物 C の可能な構造式をすべて書きなさい。なお、異性体がある場合はその構造がわかるように書きなさい。

※問 5, 7 は、出題ミス

(公表 http://www.u-ryukyu.ac.jp/admission/questions/h28questions/data/h28zen_miss_question.pdf)

4 以下の各問に答えなさい。(17点)

問 1 次の文章を読んで、以下の(1)と(2)の問いに答えなさい。

原子は、原子核と、その周りに存在するいくつかの電子で構成されている。原子核は、いくつかの陽子と中性子でできている。陽子は正の電荷、電子は負の電荷をもつ。原子中の陽子の数を 1 といい、元素を 1 の順に並べた表を周期表という。周期表の縦の列を族、横の行を 2 という。周期表では、性質の似た元素が縦に並んでいる。例えば、水素を除く1族元素は 3 と呼ばれ、陽イオンになりやすい。原子中で、電子が存在できる空間は、いくつかの層になっており、これらの層を電子殻という。原子核から最も離れた電子を最外殻電子という。結合の形成や、イオンの生成において重要な役割を果たす最外殻電子を特に 4 という。異なる元素の原子から成る分子においては、原子が共有電子対を引き付ける強さが元素によって異なるため、分子中に電荷のかたよりが生じる。原子が共有電子対を引き付ける強さの尺度を 5 という。共有電子対が、どちらかの原子にかたよっているとき、結合に極性があるという。結合に極性があり、分子全体で電荷のかたよりがあ分子を極性分子という。結合に極性がない分子や、^(a)結合に極性があっても、分子の形によって結合の極性が打ち消される分子を無極性分子という。

(1) 上の文章中の 1 ~ 5 に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

(2) 下線部(a)について、以下の(ア)~(エ)の分子の中から無極性分子を全て選び、記号で答えなさい。

- (ア) 水 (イ) 二酸化炭素 (ウ) 塩化水素 (エ) メタン

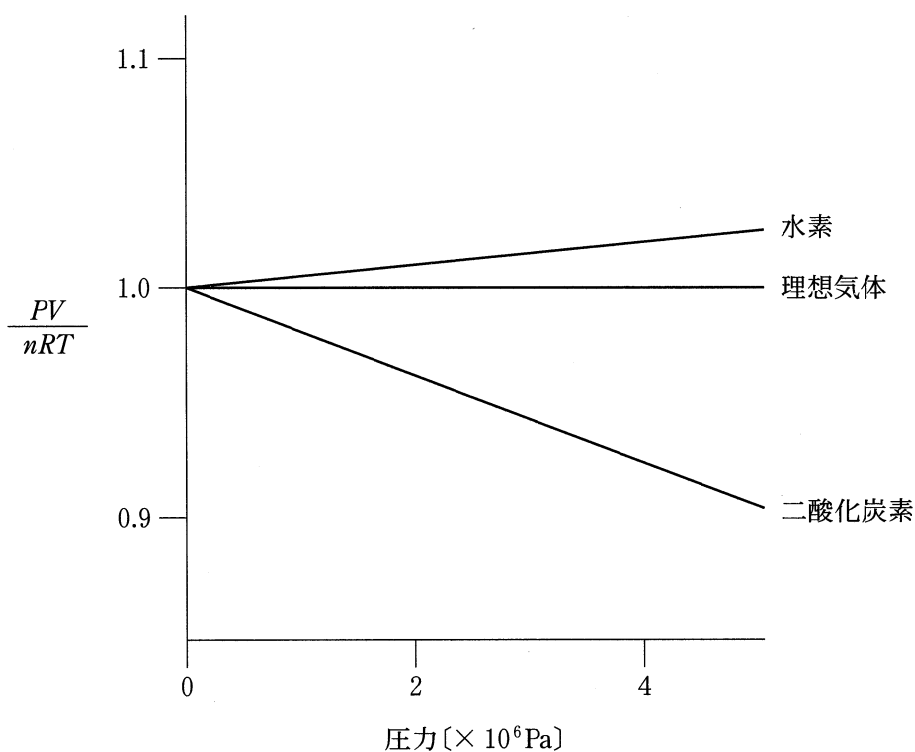
問 2 沸騰とはどのような現象か、蒸気圧という語句を必ず使い、60字以内で説明しなさい。

問 3 容積が 8.0 L の密閉容器に、0.200 g のヘリウムと 0.798 g のアルゴンが入っている。この混合気体の温度は 25 °C である。容器の容積を保ったまま、混合気体の温度を 47 °C に上げたとき、ヘリウムの分圧と混合気体の全圧は何 Pa になるか答えなさい。気体は全て理想気体とし、気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ 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。ただし、答えは指数表記にすること。(例 4.1×10^7)

問 4 気体の水素と二酸化炭素、および理想気体について、物質質量 n 、温度 T 、圧力 P 、体積 V 、気体定数 R から算出される $\frac{PV}{nRT}$ の圧力変化のグラフを図IVに示す。水素と二酸化炭素の温度は 400 K である。以下の(1)と(2)の問いに答えなさい。

(1) 圧力が上昇すると、水素の $\frac{PV}{nRT}$ が、図IVのように理想気体からずれる主要な原因を 20 字以内で説明しなさい。

(2) 圧力が上昇すると、二酸化炭素の $\frac{PV}{nRT}$ が、図IVのように理想気体からずれる主要な原因を 15 字以内で説明しなさい。



図IV

5 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(16点)

海水には、様々な塩が溶けており、イオンとして存在している。主なイオンはナトリウムイオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオン、カリウムイオン、塩化物イオン、硫酸イオン、炭酸水素イオン、臭化物イオンである。また、海水は、弱い塩基性を示す。これは、一部の炭酸水素イオンが水と反応し、水酸化物イオンを生じているためである。

これらのことを踏まえ、海水を用いて次の実験を行った。以下の実験では、上記のイオンのみを考え、その他のイオンは考えなくてよい。

実験1：海水に硝酸銀水溶液を加えた。

実験2：海水に十分な量の炭酸アンモニウムを加え、イオンとイオンを炭酸塩として沈殿させた。これをろ過し、分離した沈殿を純水で洗浄し、希塩酸を加えて溶解した。この溶液の炎色反応は橙赤色を示した。イオンは炎色反応を示さないため、この炎色反応はイオンによるものである。

実験3：海水 100 mL に、塩酸を加えて酸性にし、二酸化炭素を完全に追い出した。この溶液に、十分な量の塩化バリウム水溶液を加えると、バリウムの白色沈殿を生じた。生じたバリウムの質量を測定すると、0.65 gであった。この結果から、海水中のイオンの濃度を計算すると、 mol/L となった。

問1 実験1で生じる可能性がある沈殿が2種類ある。それぞれが生じる反応をイオン反応式で答えなさい。

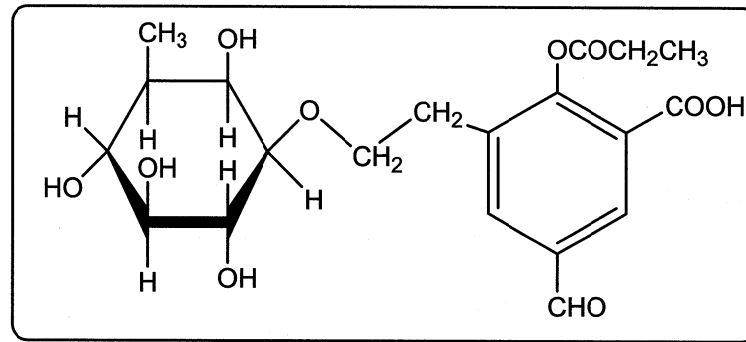
問2 上の文章中の～に当てはまる物質名を答えなさい。

問3 下線部(a)の塩の大部分は、塩化ナトリウムと塩化マグネシウムで占められている。これらの塩の質量パーセント濃度が、それぞれ2.7%と0.40%であるとき、海水中の塩化物イオンの質量パーセント濃度を答えなさい。ただし、海水にはこの2つの塩化物以外に塩化物は含まれていないものとし、小数第2位を四捨五入して答えなさい。

問4 実験3のに当てはまるモル濃度を答えなさい。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5 下線部(b)の反応をイオン反応式で答えなさい。

6 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。構造式を書くときは、例2の記入例にならって書きなさい。(17点)

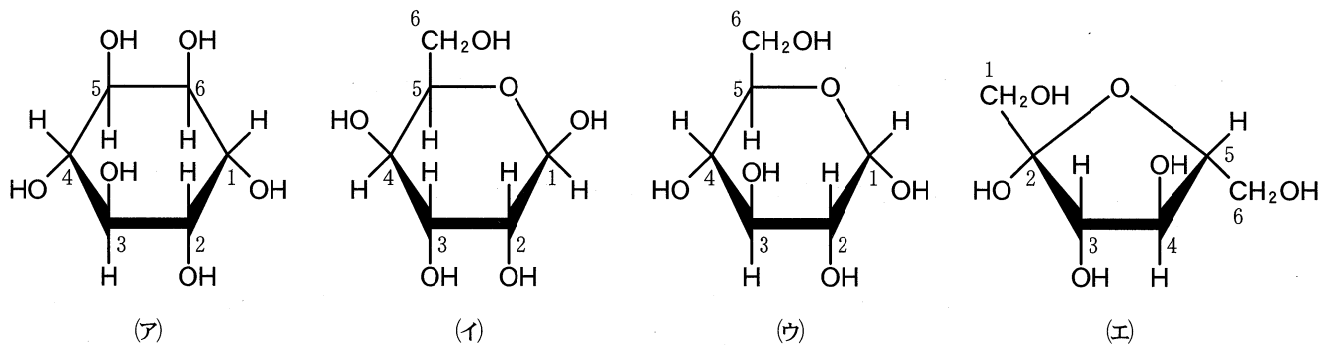


例2

解熱鎮痛作用がある天然有機化合物Aは、分子中にベンゼン環と糖の構造をもち、フェノール類の性質を示すヒドロキシ基をもたない。化合物Aを希硫酸で加水分解すると、化合物BとCが得られる。化合物Bは、二糖類であるマルトース(麦芽糖) $C_{12}H_{22}O_{11}$ の加水分解で生成する糖と同一である。7個の炭素原子を骨格とする化合物Cには、2個のヒドロキシ基が存在し、そのうちの1個はフェノール類のヒドロキシ基である。化合物Cのもう一方のヒドロキシ基が酸化されたときに生成する化合物Dは、ナトリウムフェノキシドに を高温・高圧下で反応させて得られるナトリウム塩を強酸で処理して合成され、医薬品の原料として用いられている。化合物Dに硫酸を触媒として無水酢酸を作用させると解熱鎮痛剤のアセチルサリチル酸を生じる。また、化合物Dに硫酸を触媒としてメタノールを作用させると化合物Dの 基の部分と脱水縮合して消炎鎮痛剤の が生成する。

問1 単糖類である化合物Bの名称を答えなさい。

問2 化合物Bの正しい環状構造式はどれか。図Vの(ア)~(エ)の中から1つ選び、記号で答えなさい。



図V

問3 化合物CとDの構造式を書きなさい。

問4 化合物Cの異性体のうち、フェノール類のヒドロキシ基を1つだけもつ化合物はいくつあるか、その数を答えなさい。

問5 上の文章中の ~ に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

問6 下線部の反応の化学反応式を、構造式を使って書きなさい。

問7 天然有機化合物Aは、化合物Bの位置番号1の炭素原子部分の官能基(ヘミアセタール)と化合物Cのヒドロキシ基が脱水縮合した構造(α -グリコシド結合)をもつ。化合物Aの構造式を書きなさい。

生 物

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

細胞膜の主成分である の間をイオンは通過できないが、細胞膜には決まった種類のイオンだけを通すイオンチャネルがあり、細胞膜に隔てられたイオンはこのチャネルを通して濃度の高い方から低い方へ移動する。このような濃度差による物質の輸送は と呼ばれる。また、 はATPなどのエネルギーを使って濃度の低い方から高い方へイオンを輸送する。 の働きによって、ナトリウムイオンは細胞膜の外側に、 は内側に多い。刺激を受けていない神経細胞では、細胞膜を隔てておよそ mV の電位差がある。この電位差を 電位と呼ぶ。

神経細胞に刺激を与えると細胞膜の電位が変化し、ナトリウムチャネルが開き、ナトリウムイオンが濃度の低い方へ移動することで一時的に細胞膜内外の電位差が逆転する。この電位差の変化を活動電位と呼ぶ。活動電位は隣接した膜の電位差を変化させる。この変化が を超えるとそこで新たな活動電位が発生し、これが繰り返されることで、興奮が細胞膜に沿って伝導する。

神経細胞間や運動神経と筋細胞の間ではシナプスを介して興奮が伝えられる。軸索の末端に興奮が伝わると、 内の神経伝達物質が に放出される。運動神経と筋細胞のシナプスでは神経伝達物質は である。放出された神経伝達物質が興奮を受け取る側の細胞の に結合すると、特定のイオンチャネルが開く。その結果、特定のイオン^(a)の膜透過性が変化することで細胞膜の電位が変化する。

問 1 文章中の ~ に入る適切な語句を記入しなさい。

問 2 イカの神経細胞には軸索がとても太いもの(巨大軸索)がある。このような神経の特性を説明しなさい。

問 3 ヒトはイカの巨大軸索のように太い軸索の神経細胞を持つ必要がない。その理由を説明しなさい。

問 4 神経伝達物質として様々な物質が知られている。 以外の神経伝達物質を2つ答えなさい。

問 5 シナプスで放出された神経伝達物質は伝達に使われた後にどうなるか説明しなさい。

問 6 下線部(a)について、イオンの種類によって細胞膜内外の電位差が大きくなる場合と小さくなる場合がある。電位差が大きくなった場合の説明として適切なものを以下の(ア)~(ウ)から選び、記号を記入しなさい。また、その理由を説明しなさい。

- (ア) 細胞は興奮しやすくなる。
- (イ) 細胞は興奮しにくくなる。
- (ウ) 細胞の興奮しやすさは変化しない。

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

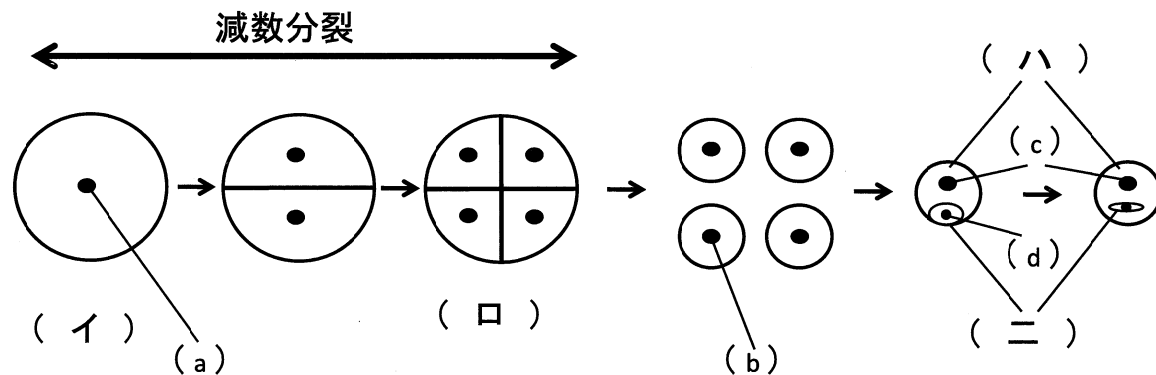
エンドウはメンデルが遺伝の法則を見いだすときに使われた可憐(かれん)な紫の花をつける植物である。遺伝子の機能を調べる方法の一つに突然変異体をつくることがある。ここで、花の色に関わる遺伝子を調べた実験を紹介する。変異源としてX線を用い、これを花粉に適正な強度で照射すると、遺伝子突然変異を起こす。X線を照射した花粉を人為的に受粉させたところ、種子が得られた。この種子は発芽して、成長し、紫の花をつけた。次に、成長した植物を自家受粉させ、次の世代の植物を得たところ、白い花をつける植物体が、数少ないが、得られた。

これら一連の操作を何度も繰り返すことで、白い花をつける植物体が数多く得られた。これらのうち、変異している遺伝子が1植物体当たり1個のみとなる純系の変異体(白1から白6)を選んだ。これら純系同士を様々に交配させて得た雑種第1代(F₁)の花の色は、表Iの結果になった。

表I 雑種第1代(F₁)の花の色

	白 1	白 2	白 3	白 4	白 5	白 6
白 1		紫	紫	紫	紫	紫
白 2			紫	白	白	紫
白 3				紫	紫	白
白 4					白	紫
白 5						紫
白 6						

問1 図Iは葯の中で成熟花粉ができる過程の模式図である。それぞれの細胞の名称(イ)~(ニ)と染色体数(a)~(d)を記入しなさい。ただし体細胞の染色体数を $2n$ とする。



図I 花粉の形成過程

問2 野生体と変異体を交配させて得たF₁植物、またはF₂植物で、紫の花と白の花をつける植物体の数の比がどのような結果になれば、変異体が1遺伝子のみの変異を持つ純系であることが示されるか。最も適しているものをa~hから1つ選び、その記号を記入しなさい。

- a F₁植物で、紫の花と白の花をつける植物体の数の比が1:0になる。
- b F₁植物で、紫の花と白の花をつける植物体の数の比が1:1になる。
- c F₁植物で、紫の花と白の花をつける植物体の数の比が2:1になる。
- d F₁植物で、紫の花と白の花をつける植物体の数の比が3:1になる。
- e F₂植物で、紫の花と白の花をつける植物体の数の比が1:0になる。
- f F₂植物で、紫の花と白の花をつける植物体の数の比が1:1になる。
- g F₂植物で、紫の花と白の花をつける植物体の数の比が2:1になる。
- h F₂植物で、紫の花と白の花をつける植物体の数の比が3:1になる。

問 3 白 3 と同じ遺伝子に変異を持つものはどれか、白 1 から白 6 までの中から、全てあげなさい。

問 4 紫の花の色をつくる過程に関わる遺伝子がいくつあるか答えなさい。

問 5 ナス科植物には自家不和合性(自己の花粉では受精しないこと)の現象がある。その原因となる遺伝子として、S 遺伝子座がかかわっていて、その対立遺伝子には S_1, S_2, S_3, S_4 がある。また、自家不和合性の表現型として A, B, C, D, E, F がある。これらのうち、表現型 C の遺伝子型は S_1S_2 であるが、他の表現型の遺伝子型は不明である。表現型 A, B, C, D を様々に交配させて得た F_1 植物の表現型と頻度は表 II のようになった。表現型 A, B, D, E, F の遺伝子型を S_1, S_2, S_3, S_4 を用いて表せ。正解として複数の正しい組み合わせが考えられるが、一組のみ解答しなさい。

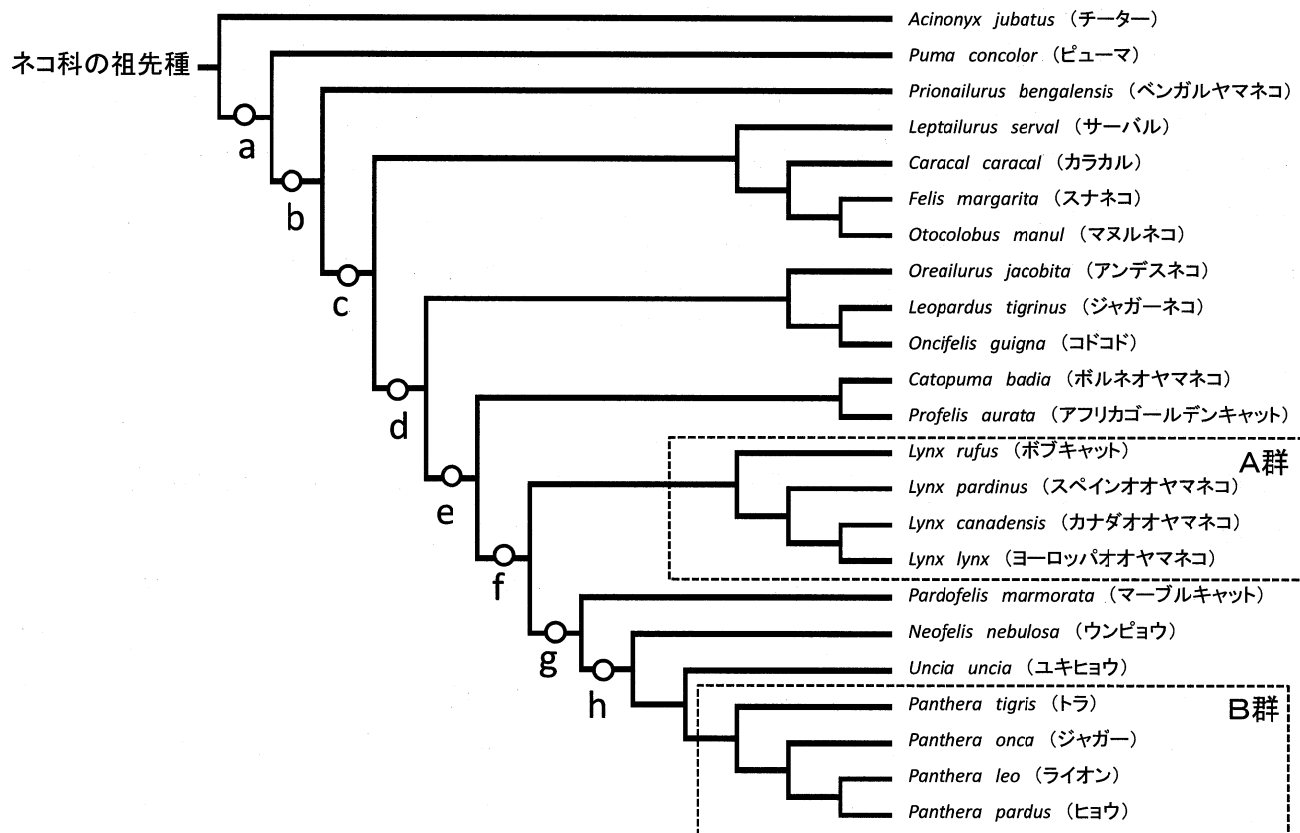
表 II F_1 植物の表現型と頻度

		雄 親 の 表 現 型			
		A	B	C	D
雌親の表現型	A		B:C = 1 : 1	B:C = 1 : 1	D:E = 1 : 1
	B	A:C = 1 : 1		A:C = 1 : 1	D:F = 1 : 1
	C	A:B = 1 : 1	A:B = 1 : 1		A:B:E:F = 1 : 1 : 1 : 1
	D	A:E = 1 : 1	B:F = 1 : 1	A:B:E:F = 1 : 1 : 1 : 1	

注：表 II では、雄親の花粉を人工的に雌親に受粉させている。

3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

ダーウィンは自著 1 において、「生物の進化とは変化を伴う継承である。」と述べた。生物が進化するには、3つの条件が必要である。1つ目の条件は、個体間で様々な形質や特性に 2 があることである。2つ目の条件は、個体の形質が親から子へ 3 することである。3つ目の条件は、異なる形質を持っている個体に対して 4 が作用することである。最近では、生物の遺伝情報を用いて、生物多様性の進化的な形成プロセスが検証できるようになった。下に示した図Ⅱは、ネコ科の各種の分子データ(DNAの塩基配列)を比較することで得られた 5 である。右端には、各種の学名と和名が示されている。なお、学名の表示形式は 6 と呼ばれる。



図Ⅱ ネコ科の種の進化

※この図は、Bininda-Emonds et al. (2007) Nature 446 : 507-512 を参考にして作成した。

問 1 文章中の 1 ~ 6 に入る適切な語句を記入しなさい。

問 2 図Ⅱをもとに、ネコ科で最も古い種はどの種か、和名で答えなさい。

問 3 図Ⅱに示されたネコ科の属の総数を答えなさい。

問 4 A群は、共通の祖先種が、異なる地域に生息域を拡大する過程で種分化した種群である。このような現象を何というか、答えなさい。

問 5 A群の種は、北半球の異なる地域に生息している。これらが種分化した要因を簡潔に答えなさい。

問 6 ベンガルヤマネコとB群のライオンの祖先種が進化的に分かれていった時期(1)、および、A群とB群の種が進化的に分かれていった時期(2)を、図Ⅱのa~hの中からそれぞれ1つ選び、その記号を記入しなさい。

問 7 A群の種は高緯度、B群の種は大まかに低緯度に、それぞれ異なる気候帯に生息している。これは、何の違いによるか、簡潔に答えなさい。

問 8 他の哺乳類に比べて、チーターの遺伝子(塩基配列)は、個体間で極めて類似していることが分かっている。これは、チーターの個体群が、過去に受けた“びん首効果”による。この過程を100字以内で説明しなさい。

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

大気中への二酸化炭素排出量増加に伴う地球規模での気候変動による、生物および生態系への影響が危惧されるようになって久しい。近年では、沿岸域における資源管理や防災の観点からも、海洋生態系に対する影響の評価と予測が重要になりつつある。1992年にリオデジャネイロで開催された地球サミットにおいて採択された「 可能な開発のための人類の行動計画(アジェンダ 21)」には、「サンゴ礁やマングローブ林は、地球上でも最も多様で、総合的かつ生産的な生態系であり、生態学的に重要な機能を果たすと同時に、海岸を波浪等から保護し、食料、観光及び経済発展のための重要な資源を提供している。その一方で、世界の多くの部分でこのような沿岸生態系が ・自然の双方の多様な負荷要因によって脅かされつつある。」との文言がみられる(UNEP, 1992)。それから約20年の間に、 層の破壊、温暖化、さらには など、地球規模での環境問題が次々に明らかになっており、生物圏全体の存続が懸念されるに至っている。

こうした急激な環境変動に際し、サンゴ礁の生物、特に光合成をおこなう との密接な 関係を維持しつつ、主に固着性の生活を送る 類が、鋭敏なストレス応答をみせ、なおかつ世界的な環境負荷指標になりえることから、浅海域の生態系の中では特に、サンゴ礁生態系を対象にした研究がすすめられている。しかしながら、予測されている環境変化のスピードが、生物の や順化、 変化よりも圧倒的に速ければ、その種・個体群の存続が危ぶまれることになる。そのため、環境変化が にまで影響を及ぼし、各地の生態系を新たな形に再構築してしまう可能性が指摘されている。

問 1 文章中の ~ に入る最も適切な語句を以下の(ア)~(ミ)より選び、その記号を記入しなさい。

- | | | | |
|-----------|-----------|------------|----------|
| (ア) 電離 | (イ) ホンダワラ | (ウ) 渦鞭毛藻類 | (エ) クラゲ |
| (オ) 造礁サンゴ | (カ) 熱帯多雨林 | (キ) 消費者 | (ク) 遺伝的 |
| (ケ) 逆転 | (コ) 分解 | (サ) 移動 | (シ) ナマコ |
| (ス) 富栄養化 | (セ) 浮遊 | (ソ) 生化学的 | (タ) 優位性 |
| (チ) 天然 | (ツ) ユーグレナ | (テ) 分断 | (ト) 窒素 |
| (ナ) オゾン | (ニ) クロレラ | (ヌ) 海洋酸性化 | (ネ) 人為 |
| (ノ) 共生 | (ハ) 持続 | (ヒ) 群体 | (フ) 寄生 |
| (ヘ) 海草 | (ホ) 生産者 | (マ) 生物種の分布 | (ミ) 貧栄養化 |

問 2 下線部(a)の生態系に多様な生物がみられる理由について、生息環境を考慮して50字以内で説明しなさい。

問 3 下線部(b)を何と呼ぶか。下記の語群(ア)~(エ)の中から選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) 種の多様性 (イ) 生態系サービス (ウ) 遺伝的多様性 (エ) ビオトープ

問 4 温暖化がさらに進行することで熱帯や亜熱帯の沿岸海洋生態系に生息する底生生物の分布はどのような影響を受けると考えられるか、50字以内で説明しなさい。

問 5 サンゴ礁生態系において海域の富栄養化が及ぼす影響について具体的に60字以内で説明しなさい。

地 学

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(30点)

日本列島の周辺には4つのプレートがひしめき合っている。これらは北アメリカプレート、、 および と呼ばれている。プレート境界ではプレート間の衝突や沈み込みなど、プレートの押し合いによる岩盤の激しい摩擦や破壊が繰り返されている。プレート境界で生じた力がプレート内部に伝わり、岩盤をずり動かして破壊し、地震を発生させている。広域変成帯の多くもプレート沈み込み境界で形成されている。海溝近傍の冷たいプレートが沈み込む場所では、特に 型変成作用が生じている。

プレートの種類で分類すると、北アメリカプレートと は大陸プレート、 と は海洋プレートである。海洋プレートは大陸プレートの下に沈み込んでおり、地下深部の海洋プレートの沈み込みの様子は として観測されている。東北日本は北アメリカプレートの上であり、東側から が沈み込んでいる。このため東北日本では2011年3月11日、 海溝と呼ばれるプレート境界付近で起こった海溝型の巨大地震とそれに伴って発生した によって、甚大な被害を受けた。

地球上の火山の多くは、プレートの境界に沿って分布している。火山を形成したマグマの生成場所は、その成因によって次の3つに分類される。すなわち、沈み込み帯、、 である。日本付近などの沈み込み帯では、プレートの沈み込みに伴って海洋プレートから放出された水が作用してマグマが生成されている。ここでは最も海溝側の火山の位置を連ねた線(と呼ぶ)に沿った火成活動が活発である。 はプレートが生産される場所であり、マグマの生産量が最も大きい。ここで海底に噴出した溶岩は と呼ばれ、独特な形状を示す。海溝で沈み込んだ海洋プレートは、上部マントルと下部マントルの間で滞留したのち、一気に核とマントルの境界部に向けて落下する。この流れを という。一方、南太平洋とアフリカ大陸の下には、 というマントルの巨大上昇流があることが分かっている。

① 沈み込み帯の火山では成層火山が多いが、 の火山ではハワイのように が特徴的である。火山を構成する玄武岩などの火山岩に多く見られる岩石の組織は である。

マントルが融解して生じたマグマの組成は、地表に到達するまでの過程で化学組成が変化することが多い。このような「マグマの分化」には、3つの主要なメカニズムが働いている。これらは結晶分化作用、、マグマ混合である。玄武岩質マグマでは冷却にともない、、輝石、 などの鉱物が結晶化する。 はMgとFeを含むケイ酸塩鉱物で、MgとFeは様々な割合で含まれるため、化学組成は と表される。このような性質をもつものを と呼ぶ。

問 1 文章中の ~ に当てはまる適切な語句や化学式を答えなさい。

問 2 でのマグマ発生のメカニズムについて、解答用紙の温度—圧力図中に無水マントルかんらん岩の融解線と海洋の地下温度構造を示す線を書き入れて、その図を用いて説明しなさい。

問 3 下線部①について、このような事実は、どのように解明されたのか、説明しなさい。

問 4 とは具体的にどのような組織か図を示し、そのできかたを説明しなさい。

問 5 は具体的にどのようなものか、説明しなさい。

2 地球の誕生以来の歴史は、いくつかの地質時代に区分されており、各地質時代は生物の顕著な絶滅や新たな生物の出現・繁栄など、生物界の変遷に基づいて定められている。以下の各問に答えなさい。(20点)

問 1 グリーンランド南部に、38億年前の岩石がみられる。ここにみられる岩石から、38億年前の地球にはすでに海が存在していたと考えられている。その根拠を2つあげて説明しなさい。

問 2 次の文章を読んで、次の(1)~(3)の各問に答えなさい。

(1) 太古代(始生代)と原生代の境界は約25億年前である。太古代末期(約27億年前)に起こった重要なできごととは何か。適切なものを以下の選択肢の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 多細胞生物の出現
- (イ) シアノバクテリアという酸素発生型光合成生物の出現
- (ウ) ケイ質の殻を持つケイソウの出現
- (エ) 石灰質の殻を持つ有孔虫の出現

(2) 前問(1)の生物の活動によって浅い海に形成されたドーム状の構造物の名称を答えなさい。

(3) 前問(1)の生物の活動の結果、太古代最末期から原生代の初め頃に世界に広く堆積し、現在資源として利用されている地層は何か。その名称を答えなさい。

問 3 以下の(1)~(8)の地質時代におこったできごとを、(ア)~(ス)から選び、記号で答えなさい。なお、(ア)~(ス)は、すべていずれかの地質時代に当てはめること。

地質時代

- (1) 原生代
- (2) 古生代前期(カンブリア紀, オルドビス紀)
- (3) 古生代中期(シルル紀, デボン紀)
- (4) 古生代後期(石炭紀, ペルム紀)
- (5) 中生代(三畳紀, ジュラ紀, 白亜紀)
- (6) 新生代古第三紀
- (7) 新生代新第三紀
- (8) 新生代第四紀

地質時代のできごと

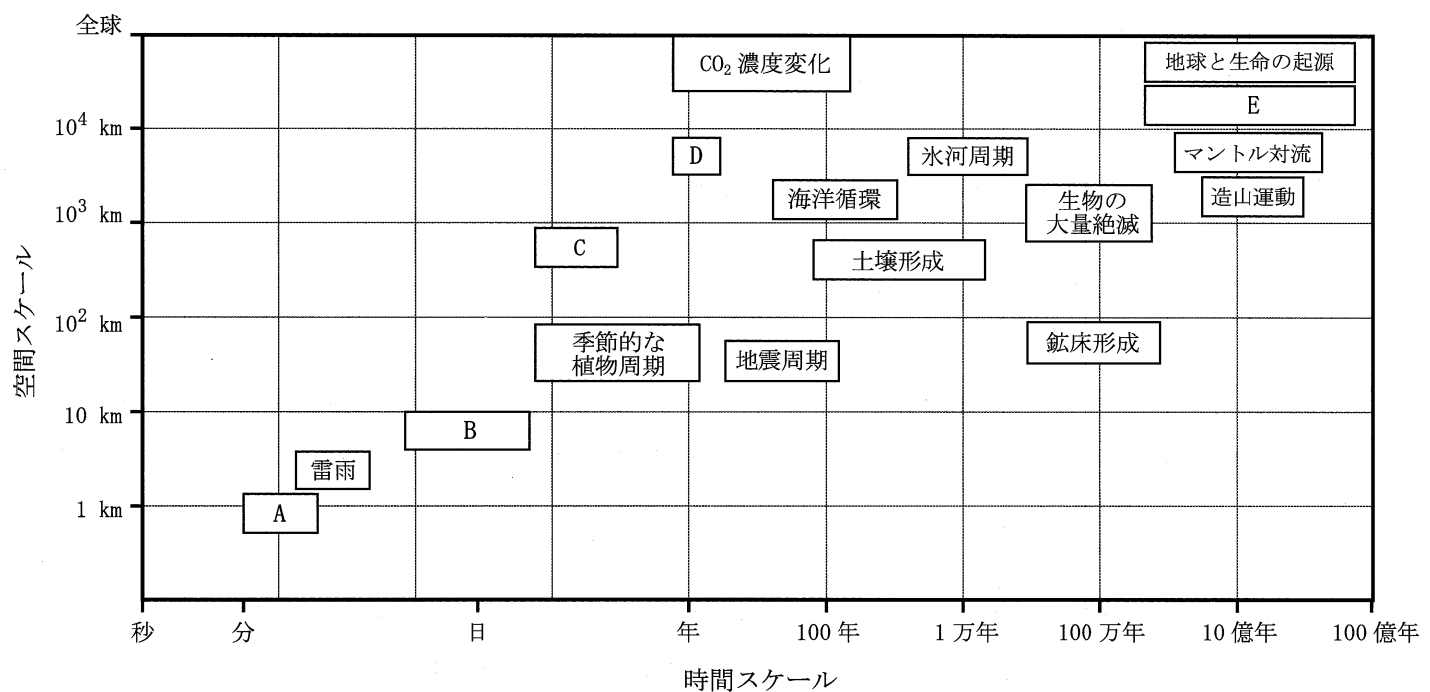
- (ア) 恐竜を含む爬虫類が大繁栄し、鳥類が出現した。
- (イ) 最初の陸上植物であるクックソニアが出現した。
- (ウ) シダ植物の大森林が発達し、大量の植物遺骸が埋積された。また、両生類が繁栄した。
- (エ) 二足歩行をする初期人類サヘラントロプス・チャデンシスが出現した。
- (オ) 顕生代では唯一の超大陸パンゲアが形成され、その一部が大規模な大陸氷河に覆われた。
- (カ) 現在の人類(ホモ・サピエンス)が出現した。
- (キ) 温暖な気候が続き、生物が多く生息する浅海域の面積が広がった。これらの生物の遺骸が、堆積物中に有機物として大量に埋積され、現在の石油のもとになった。
- (ク) バージェス動物群に見られるように無脊椎動物の多様化が爆発的に進んだ。
- (ケ) 裸子植物が繁栄し、被子植物が出現した。
- (コ) 無顎類と呼ばれる最古の魚類が出現した。
- (サ) 哺乳類が急速に多様化し、現在見られるゾウやウマの祖先が出現した。また被子植物が多様化し、海洋では単細胞生物のヌムリテスが栄えた。
- (シ) 最初の両生類イクチオステガが出現した。
- (ス) エディアカラ生物群が出現し、繁栄したのち、絶滅した。

問 4 顕生代には5回の大量絶滅が起こったことが知られている。この中で種の96%が絶滅したといわれる、顕生代で最も大規模な大量絶滅が起こったのはいつか。以下の(ア)~(オ)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) オルドビス紀の終わり
- (イ) デボン紀の終わり
- (ウ) ペルム紀の終わり
- (エ) 三畳紀の終わり
- (オ) 白亜紀の終わり

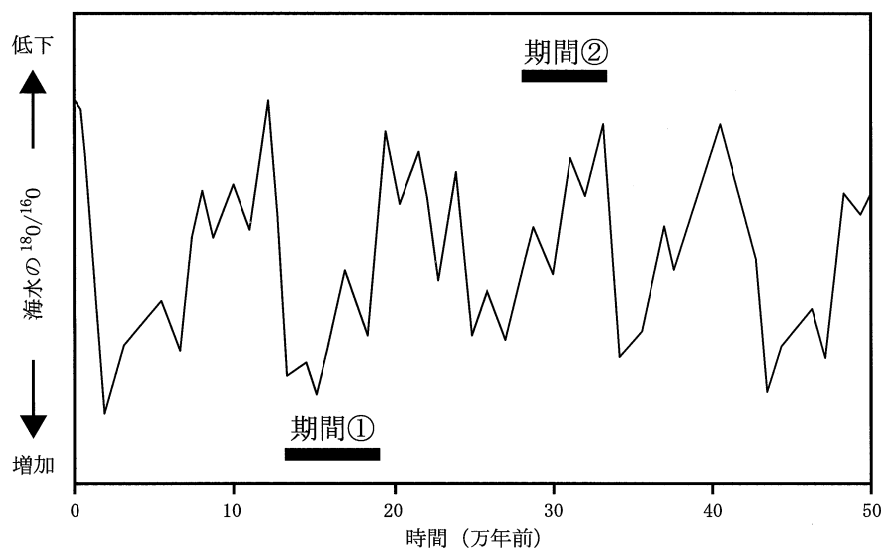
3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

私たちが住む地球は、大気圏(気圏)、、雪氷圏、、生物圏などからなる“地球システム”とみなすことができる。地球システムを構成するサブシステムには様々な相互作用の関係が存在し、正のフィードバックや負のフィードバック^①が働いて、自然界では複雑な現象が生じている。自然現象は、時間スケール(現象の周期性や生成から消滅までの時間)と空間スケール(現象の空間の大きさ)の違いを基準に分類すると、その全体像や傾向を大まかに把握することができる(図I)。近年では、産業革命以降に増加を続けている化石燃料の消費によって、二酸化炭素(CO₂)などの温室効果ガスの濃度^②が増加し、それによる地球温暖化や環境問題が懸念されている。



図I 地球システムにみられる典型的な時間—空間スケールの関係

過去に目を向けると、第四紀における気候変動は、氷期と間氷期が数万年～約年という周期で起きたことで特徴づけられ、海水の¹⁸O/¹⁶Oの変化からその変動パターンを読みとることができる(図II)。この周期的な変動は、地球の軌道要素の周期的な変化によって、地球が太陽から一定時間に受け取る熱量が変化し、地球表層の気候システムが大きく影響されるためと考えられる。地球の公転軌道は太陽を焦点とする楕円軌道^③であり、離心率は約年周期で変化する。また、現在の地球の自転軸は公転面に対して°傾いているが、その傾斜角度は21.5°～24.5°の範囲で周期的に変動する。さらに、太陽に対する地球自転軸の傾斜の向きは、によって約1.8～2.3万年の周期で変化する。これらの地球軌道要素の周期的変化はミランコビッチサイクルと呼ばれる。



図II

問 1 文章中の 1 ~ 5 に当てはまる適切な語句や数字を答えなさい。ただし、4 は小数第 1 位まで答えなさい。

問 2 下線部①について、気候システムにおける“気温”と“海氷面積”に関する正のフィードバックを、以下の語句を全て用いて説明しなさい。

海洋 上昇 融解 太陽放射 減少 アルベド

問 3 図 I の A ~ E に該当する現象を、以下の(ア)~(オ)の中から選び、記号で答えなさい。

- (ア) 台風 (イ) プレートテクトニクス (ウ) エルニーニョ現象
(エ) 火山噴火 (オ) 竜巻

問 4 下線部②について、CO₂ 以外の温室効果ガスを 3 つ答えなさい。

問 5 下線部③の内容を示す法則名を答えなさい。

問 6 図 II は、海洋堆積物中の化石記録から推定された過去 50 万年間における海水の酸素同位体の比 (¹⁸O/¹⁶O) を表している。図中の期間①における気温、海水温、氷床量、海面水位は、期間②と比べてどのような違いがあるか。理由も含めて説明しなさい。

問 7 図 II の期間①と期間②における大気中の CO₂ 濃度は、それぞれ約 180 ppm と約 270 ppm であった。これを参考にして、西暦 1700 年 ~ 2000 年における大気中の CO₂ 濃度の変化を示す線グラフを作成しなさい。

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

海水には様々な塩類が溶けているが、それらの割合はほぼ一定であると考えられている。海水中の塩類の濃度、すなわち塩分はパーセント(千分率)で表される。例えば真水1kg(キログラム)に対して、塩類を g 溶かすと100%の塩水となる。海水の塩分は、平均して %程度である。その場合、海水の密度をkgとm(メートル)を組み合わせた単位で書くと となる。ところが海水の塩分は、場所によっても異なっている。例えば、北大西洋西経40度によって、赤道から北緯50度まで海面付近の年平均塩分の緯度による変化を見ると、

また塩分は、深さによっても変化する。例えば、大西洋の南緯20度、西経30度付近では、深さ約1000mで、塩分が深さに対して極小となる。このような塩分が極小となる海水は、その上下の層の海水が混合して形成されたとは考えられない。このような海水は、南緯50度より南の表層で形成され、沈降したと考えられる。また北大西洋の高緯度域では、海面で密度が高い海水が形成され、深層へと沈み込む。

問1 に入る数値を整数で答えなさい。

問2 に入る数値として、最も適切なのはどれか。選択肢の中から一つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 1.5 (イ) 2.5 (ウ) 3.5 (エ) 4.5
(オ) 15 (カ) 25 (キ) 35 (ク) 45

問3 に入る数値に最も近いものを、選択肢の中から一つ選び、記号で答えなさい。また密度の単位を書きなさい。さらに選択の根拠を、計算で示しなさい。ただし真水1リットルあたり、塩類を10g溶かすと、水の体積は、0.4%増加すると仮定する。またその割合は、1リットルあたりの真水に、溶かした塩類の質量に比例すると仮定する。

- (ア) 1.02 (イ) 1.04 (ウ) 100.2 (エ) 100.4 (オ) 102
(カ) 104 (キ) 1002 (ク) 1004 (ケ) 1020 (コ) 1040

問4 に入る字句として、最も適切なのはどれか。選択肢の中から一つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 赤道付近では塩分は高く、高緯度になるにつれ塩分は低下する。
(イ) 赤道付近では塩分は低く、高緯度になるにつれ塩分は上昇する。
(ウ) 赤道付近では塩分は高く、北緯25度付近で塩分は極小となる。
(エ) 赤道付近では塩分は低く、北緯25度付近で塩分は極大となる。
(オ) 赤道付近では塩分は高く、北緯40度付近で塩分は極小となる。
(カ) 赤道付近では塩分は低く、北緯40度付近で塩分は極大となる。

問5 前問4の理由を説明しなさい。説明には「ハドレー循環」を含めること。

問6 下線部①に関して、なぜ考えられないのか述べなさい。

問7 下線部②に関して、水温による密度の変化について、真水と海水ではどう違うか述べなさい。

問8 下線部②に関して、高緯度域の海面で、水温の低下以外の、密度の高い海水が形成される原因を述べなさい。

問9 この文章で述べたしくみで引き起こされる海洋の循環を何と呼ぶか。

物 理 解 答 用 紙

受験番号

1

- (1) $\frac{1}{6}$ (2) (ウ) (3) (エ) (4) $2fx$
- (5) $\frac{V+v}{V}f$ (6) $\frac{nV}{2f}$ (7) Q (8) $\frac{2Q}{3nR}$ 又は $\frac{2QT}{3pSL}$
- (9) $\frac{p(T+\Delta T)}{T}$ (10) $p + \frac{kx}{S}$ (11) $\frac{1}{2}kx^2$ (12) pSx
- (13) 電磁誘導 (14) 磁石の落下過程において、磁石が作る磁束の変化を妨げる向きに誘導電流が管の断面に沿って円状に流れ、その電流により生じる磁場が、磁石の落下を妨げる向きに働くためである。
- (15) (ア) (16) 2
- (17) 4 (18) 1 (19) $N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ (20) 2.1×10^9

2

- 問1 $x_0 = \frac{mg}{k}$ 問2 $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ 問3 $x(t) = x_0 + A \cos \omega t$
- 問4 $A\omega$ 問5 $\tan \theta = \frac{r\Omega^2}{g}$ 問6 $x_1 = \frac{m}{k} \sqrt{g^2 + r^2\Omega^4}$
- 問7 $v_0 = r\Omega$ 方向 (イ) 問8 $\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}$
- 問9 $\frac{1}{2}mv_0^2 + mgh + \frac{1}{2}k(x_1^2 - x_0^2)$

3

- A 問1 $I_{AT} = \frac{E_0}{R_0}$ $I_1 = \frac{E_0}{R_1 + R_2}$ 問2 $x = \frac{R_1}{R_1 + R_2}l$
- 問3 $Q = C \frac{R_2 E_0}{R_1 + R_2}$ 問4 $\frac{E_1}{E_0} = 1 - \frac{x}{l} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$
- B 問5 $V_1 = \frac{\mu n I S}{2t}$ 問6 $\frac{V_1}{V_3} = \frac{1}{2}$ 問7 $W = 2RI^2 t$
- 問8 $F = evB$ 問9 (ウ) 問10 $t' = \frac{\pi m}{eB}$

	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	水素結合	2	下方置換	問2	+1
----	---	------	---	------	----	----

問3	固体が液体の状態を経ずに直接気体になる現象		
----	-----------------------	--	--

問4	イ	問5	$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$
----	---	----	---

問6	イ, エ, オ
----	---------

問7	(1)	9 kJ	(2)	0.017 mol/(L·min)	(3)	1.5 mol
----	-----	------	-----	-------------------	-----	---------

小計	
----	--

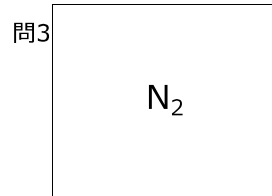
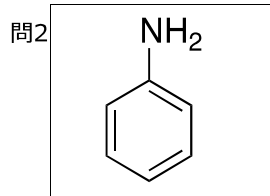
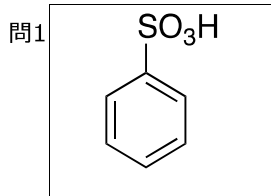
2

問1	(1)	5.00×10^{-2} mol/L	(2)	共洗い																																																																															
	(3)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%;">純</td><td style="width: 10%;">水</td><td style="width: 10%;">が</td><td style="width: 10%;">混</td><td style="width: 10%;">ざ</td><td style="width: 10%;">っ</td><td style="width: 10%;">て</td><td style="width: 10%;">も</td><td style="width: 10%;">コ</td><td style="width: 10%;">ニ</td><td style="width: 10%;">カ</td><td style="width: 10%;">ル</td><td style="width: 10%;">ビ</td><td style="width: 10%;">ー</td><td style="width: 10%;">カ</td><td style="width: 10%;">ー</td><td style="width: 10%;">内</td><td style="width: 10%;">の</td><td style="width: 10%;">カ</td><td style="width: 10%;">ル</td> </tr> <tr> <td>シ</td><td>ウ</td><td>ム</td><td>イ</td><td>オ</td><td>ン</td><td>の</td><td>物</td><td>質</td><td>量</td><td>は</td><td>変</td><td>わ</td><td>ら</td><td>な</td><td>い</td><td>の</td><td>で</td><td>,</td><td>滴</td> </tr> <tr> <td>定</td><td>終</td><td>了</td><td>時</td><td>ま</td><td>で</td><td>に</td><td>滴</td><td>下</td><td>す</td><td>る</td><td>試</td><td>薬</td><td>A</td><td>の</td><td>水</td><td>溶</td><td>液</td><td>の</td><td>体</td> </tr> <tr> <td>積</td><td>に</td><td>影</td><td>響</td><td>は</td><td>な</td><td>い</td><td>。</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	純	水	が	混	ざ	っ	て	も	コ	ニ	カ	ル	ビ	ー	カ	ー	内	の	カ	ル	シ	ウ	ム	イ	オ	ン	の	物	質	量	は	変	わ	ら	な	い	の	で	,	滴	定	終	了	時	ま	で	に	滴	下	す	る	試	薬	A	の	水	溶	液	の	体	積	に	影	響	は	な	い	。													
純	水	が	混	ざ	っ	て	も	コ	ニ	カ	ル	ビ	ー	カ	ー	内	の	カ	ル																																																																
シ	ウ	ム	イ	オ	ン	の	物	質	量	は	変	わ	ら	な	い	の	で	,	滴																																																																
定	終	了	時	ま	で	に	滴	下	す	る	試	薬	A	の	水	溶	液	の	体																																																																
積	に	影	響	は	な	い	。																																																																												
	(4)	5.44~5.46 程度まで可 mL	(5)	2.72×10^{-3} か 2.73×10^{-3} mol/L																																																																															

問2	(1)	0.00 (0でも可) mol/L																																								
	(2)	5.00×10^{-4} mol/L																																								
	(3)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%;">(2)</td><td style="width: 10%;">の</td><td style="width: 10%;">セ</td><td style="width: 10%;">ッ</td><td style="width: 10%;">ケ</td><td style="width: 10%;">ン</td><td style="width: 10%;">水</td><td style="width: 10%;">の</td><td style="width: 10%;">方</td><td style="width: 10%;">が</td><td style="width: 10%;">,</td><td style="width: 10%;">脂</td><td style="width: 10%;">肪</td><td style="width: 10%;">酸</td><td style="width: 10%;">の</td><td style="width: 10%;">濃</td><td style="width: 10%;">度</td><td style="width: 10%;">が</td><td style="width: 10%;">高</td><td style="width: 10%;">い</td> </tr> <tr> <td>の</td><td>で</td><td>,</td><td>洗</td><td>浄</td><td>力</td><td>が</td><td>高</td><td>い</td><td>。</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	(2)	の	セ	ッ	ケ	ン	水	の	方	が	,	脂	肪	酸	の	濃	度	が	高	い	の	で	,	洗	浄	力	が	高	い	。										
(2)	の	セ	ッ	ケ	ン	水	の	方	が	,	脂	肪	酸	の	濃	度	が	高	い																							
の	で	,	洗	浄	力	が	高	い	。																																	

小計	
----	--

3



問4

18.8 g

問5

全員、正答とした

問6

CH

問7

全員、正答とした

小計

4

問1	(1)	1	原子番号	2	周期	3	アルカリ金属
		4	価電子	5	電気陰性度		
	(2)	イ、エ					

問2

液体の蒸気圧が外圧と等しくなり、液体の表面からだけでなく内部からも蒸気が気泡となつて発生する現象																	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

問3

分圧	1.7×10^4 Pa	全圧	2.3×10^4 Pa
----	----------------------	----	----------------------

問4 (1) 分子自身が体積をもつため

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

(2) 分子間力が働くため

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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	リン脂質	2	受動輸送	3	イオンポンプ
4	カリウムイオン	5	60	6	静止
7	閾値	8	シナプス小胞	9	シナプス間隙
10	アセチルコリン	11	リガンド依存イオンチャネル		

問 2

軸索が太いほど興奮の伝導速度が速い。

問 3

ヒトの持つ有髄神経は跳躍伝導によって伝導速度が速いため、太い軸索を必要としない。

問 4

ノルアドレナリン、 γ -アミノ酸、グリシン など

問 5

酵素によって分解される。シナプス前細胞に回収される。

問 6

記号	イ	理由	膜電位と閾値との差が広がるため。
----	---	----	------------------

	得 点
生 物	

2

問 1

イ	花粉母細胞	ロ	花粉 4 分子	ハ	花粉管細胞	ニ	雄原細胞
a	2n	b	n	c	n	d	n

問 2

h

問 3

白 6

問 4

3

問 5

A	S ₁ S ₃	B	S ₂ S ₃	C	S ₁ S ₂	D	S ₃ S ₄
E	S ₁ S ₄	F	S ₂ S ₄				

3

問 1

1	種の起源	2	変異	3	遺伝
4	自然選択	5	分子系統樹	6	二名法

問 2

チーター

問 3

17属

問 4

適応放散

問 5

大陸の分断など地理的要因で、A群の祖先種の個体群が地理的に隔離され、生殖的隔離が生じて異所的に種分化した。

問 6

(1)	b	(2)	f
-----	---	-----	---

問 7

系統に関係した種の特徴（低温適応や餌動物）に伴うニッチの違いによって分布域が異なる。

問 8

過	去	に	、	チ	ー	タ	ー	の	個	体	数	が	急	激	に	減	少	し	た	。	
そ	の	時	、	生	存	し	た	少	数	の	個	体	が	持	っ	て	い	た	特		
定	の	対	立	遺	伝	子	が	個	体	群	に	固	定	さ	れ	、	現	在	の		
チ	ー	タ	ー	個	体	群	の	遺	伝	的	変	異	は	極	め	て	小	さ	く		
な	っ	た	。																		

60

100

4

問 1

1	ハ	2	ネ	3	ナ	4	ヌ(ス)
5	ウ	6	ノ	7	オ	8	サ
9	ク	10	マ				

問 2

サンゴ礁の複雑な構造と潮汐変化によって生物にとっての多様な生息条件が維持されているため。										
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

50

問 3

イ

問 4

環境温度が生存に適した範囲を超えた生物は局所的に絶滅し、一部はより生存に適した環境に分布域を変える。										
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

50

問 5

栄養制限により生育が抑えられていた海藻類などがより優占した状態となり、造礁サンゴ中心から藻類を基礎とした生態系に移行する。										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

60

地学解答用紙

1

問 1

1	2	3	4	5
太平洋プレート	ユーラシアプレート	フィリピン海プレート	低温高圧	深発地震面あるいは 和達-ベニオフ帯
6	7	8	9	10
日本	津波	中央海嶺	ホットスポット	火山フロントまたは 火山前線
11	12	13	14	15
枕状溶岩	コールドブルーム	スーパーブルーム またはスーパーホットブ ルーム	盾状火山	斑状組織
16	17	18	19	20
同化作用	かんらん石	斜長石	(Mg, Fe) ₂ SiO ₄	固溶体

問 2

中央海嶺ではプレートの拡大によって、プレートが反対方向に動くことで、その隙間を埋めるように深部にあった高温のマントルが上昇している。マントル物質は熱伝導が小さいため、上昇に伴って圧力は低下するが、温度はあまり下がらない。例えば、図の矢印に沿ってマントルが上昇した時、深さが約50kmのところでもマントルの融解線と交わる。このときマントルが部分融解（減圧融解）し、玄武岩質のマグマが形成される。

問 3

地震波トモグラフィーという技術を用いる。地震波の速度は、高温でやわらかい部分のマントルを通過するときは小さくなる。一方、低温でかたいマントルでは地震波速度の大きさは大きくなる。これを利用して、地球内部の地震波速度構造を立体的に解析することで、地球内部の物質の状態（温度構造）を推定することができる。

問 4

斑状組織は、斑晶と呼ばれる粒径の大きな結晶と、それを取り巻く細粒な結晶の集合部あるいはガラス質の部分（石基）から構成されている斑点状の組織である。斑晶は地下のマグマ溜まりの中で、マグマから晶出したもので、石基の部分は地表へ噴出したあとに急激に冷却して形成された。このため、石基は細粒あるいはガラス質となっている。

問 5

同化作用とは、マントルで形成された玄武岩質マグマが上昇し、地殻内へ貫入したり、マグマだまりに蓄えられたときに、周辺の地殻物質を取りこむことで、マグマの化学組成を変化させることである。花コウ岩質の地殻物質を同化した場合には、マグマはSiO₂に富んだ組成へと変化する。

2

問1

礫岩と枕状熔岩がみられること。礫岩は、陸上での浸食作用、河川による運搬作用、海での堆積作用があったことの証拠と考えられる。枕状溶岩は水中での火山噴火で形成されるため、海が存在していた根拠となる。

問2

(1)	(2)	(3)
(イ)	ストロマトライト	縞状鉄鉱層

問3

(1)	(2)	(3)	(4)
(ス)	(ク) (コ)	(イ) (シ)	(ウ) (オ)

(5)	(6)	(7)	(8)
(ア) (キ) (ケ)	(サ)	(エ)	(カ)

問4

(ウ)

小計	
----	--

3

問 1

1	2	3	4	5
水圏 (岩石圏)	岩石圏 (水圏)	100,000 (10万)	23.4	歳差運動

問 2

海氷のアルベドは高いため、気温上昇によって海氷面積が減少すると、海洋はアルベドの低下によって太陽放射を多く吸収し、海水温が上昇する。それにより、気温の上昇と海氷の融解がさらに進行する。

問 3

A	B	C	D	E
(オ)	(エ)	(ア)	(ウ)	(イ)

問 4

メタン (CH ₄)	一酸化二窒素 (N ₂ O)	フロン
------------------------	---------------------------	-----

※ 水蒸気, オゾン (O₃) も可

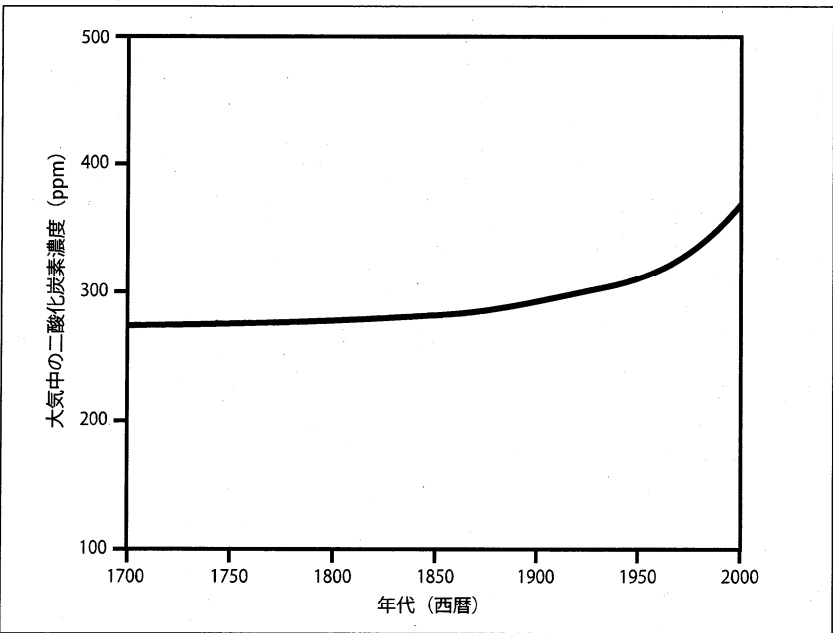
問 5

ケプラーの (第一) 法則

問 6

期間①は氷期に相当するため、間氷期にあたる期間②と比べて全球の気温と海面の海水温は低かった。それによって、極地域の氷床量は増加したため、海面水位は低かった。

問 7



4

問1

111

問2

(キ)

問3

記号	(ケ)	単位	kg/m ³
----	-----	----	-------------------

計算

真水の密度を 1000kg/m³ とする。海水 1kg は、真水 965g、塩 35g となる。
 この場合、元の水の体積は、0.965 リットル。塩類によって体積は変化し、その体積は、

$$\left(1 + \frac{4}{10} \times 35 \times \frac{1}{0.965} \times 0.001\right) \times 0.965 = 0.979 \text{ (リットル)}$$

従って、密度は、

$$\frac{1}{0.979 \times 10^{-3}} = 1021.451 \text{ kg/m}^3$$

問4

(工)

問5

北緯25度付近は、熱帯で上昇し、亜熱帯高圧帯で、下降するハドレー循環の下降域である。従って、降水量より蒸発量が多く、海面付近の塩分は高くなる。

問6

上下の層の海水が混合して形成されたとすると、塩分はその間の値をとるはずだから。

問7

真水の場合、密度は水温が4℃で最大となるが、海水の場合、水温が4℃以下に低下し続けても、密度は増加し続ける。

問8

海水は塩分を排除して凍り、成長する海水の下には高塩分の水が形成されるから。

問9

熱塩循環(深層循環)

小計	
----	--