

令和3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	17 ページまで
生 物	18 ページから	23 ページまで
地 学	24 ページから	30 ページまで

注 意 事 項

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

物 理

1 以下の文章中の ① ~ ④ 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のように、水平面上の座標 $x = 0$ の位置に質量 m の小物体が静止しており、その水平面の $x < x_0$ はなめらかな面の領域で、 $x > x_0$ は粗い面の領域であるとする。空気抵抗は無視でき、重力加速度の大きさを g とする。

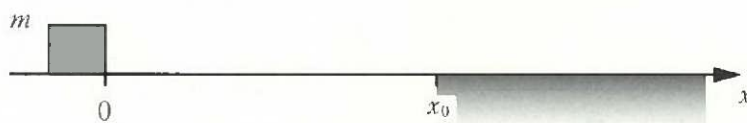


図1-I

- (1) この小物体に、ある時刻から短い時間 Δt の間に一定の大きさ F の力を与え続けた。力の向きは、 x 軸の正の向きである。その後、なめらかな面上で小物体の速さは $v_0 =$ ① となった。
- (2) 小物体はしばらく進んだ後に粗い面の領域に入り、 $x = x_1$ の位置まで進んで静止した。小物体と粗い面との間の動摩擦係数を μ' として、小物体が粗い面の領域を進んだ距離は μ', g, v_0 を用いて表すと $x_1 - x_0 =$ ② となる。
- (3) 力を加え終えた直後の時刻を $t = 0$ 、粗い面の領域に入った時刻を $t = t_0$ とする。この小物体の運動を $v - t$ グラフで表すと、最も適切なものはどれか、図1-IIの(ア)~(カ)の中から1つ選び、その記号で答えよ。③

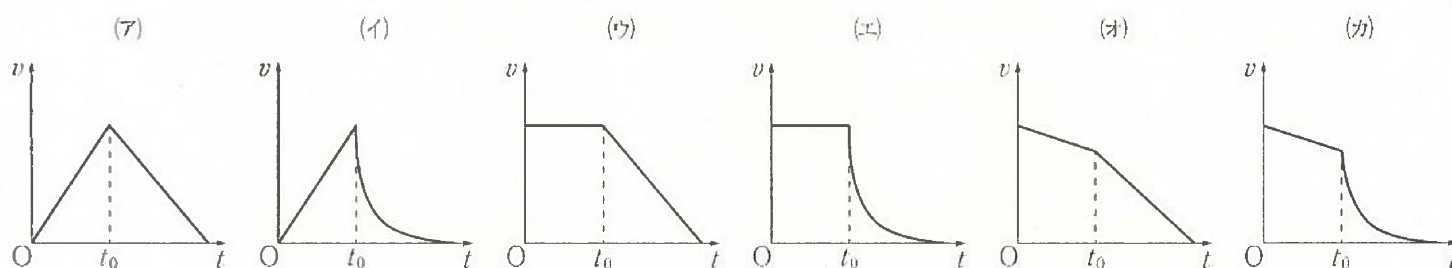


図1-II

問2 長さ l と長さ $2l$ の2つの軽い棒がある。それぞれの棒の一端に同じ質量 m の小球を取り付け、他端を直角に接続して固定した。図1-IIIのように、2つの棒を接続した点を O として、点 O の周りで自由に動けるようにして天井に固定した。接続した棒が釣り合いの位置で静止しているとき、長い方の棒が鉛直線となす角度を θ とすると、 $\tan \theta =$ ④ である。

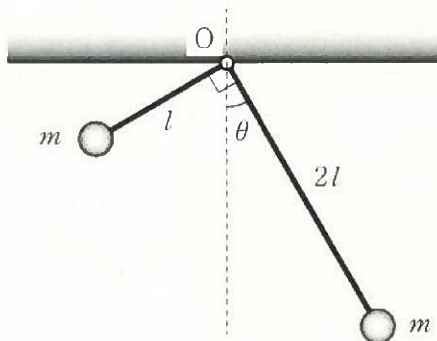


図1-III

問3 図1-IVのように、直方体A, B, Cを軽い糸で連結し、2つの軽い滑車を使って設置したところ、A, B, Cは大きさが等しい一定の加速度で動いた。AとBとの間の動摩擦係数を0.4とし、Bと水平面との間の摩擦は無視する。A, B, Cの質量はそれぞれ5 kg, 15 kg, 10 kgであった。重力加速度の大きさ g [m/s²]を用いると、加速度の大きさは [m/s²]であり、Cを引く糸の張力の大きさは [N]である。ただし、滑車にはたらく摩擦は無視する。

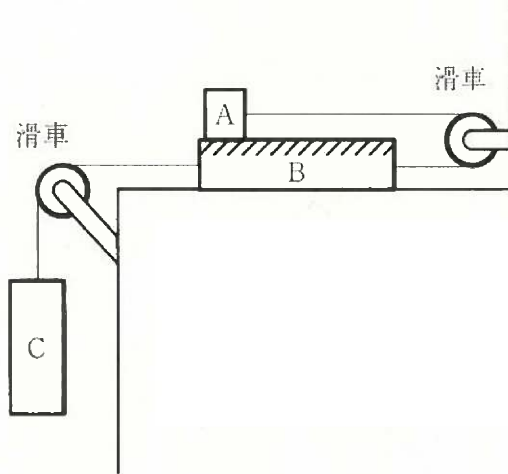


図1-IV

問4 断熱容器に入った温度 T_L の液体に、液体と同じ質量で温度 T_M の金属を入れると、十分に時間が経過した後に熱平衡に達した。液体の比熱を c_L 、金属の比熱を c_M とすると、熱平衡に達したときの温度は である。ただし、 c_L と c_M は温度変化しないとする。また、外部との熱の出入りはないとし、容器の熱容量は無視する。

問5 体積 $2V$ の容器Aと体積 V の容器Bを長く細い管でつなぎ、管に取り付けたコックを開くとAB間で気体が自由に移動できるようにした。容器A, B全体に n [mol]の理想気体を封入した。

(1) まず、コックを開けておき、容器A, Bの温度をともに T とした。その後、コックを閉じて、容器Aは温度 T に保ち、容器Bのみ温度を $2T$ にした。気体定数を R とし、このときの容器Bにおける気体の圧力を n, V, T, R を用いて表せば である。

(2) その後、容器Aは温度 T 、容器Bは温度 $2T$ に保ったままコックを開けて気体を自由に移動させた。十分に時間が経過した後に、容器A, Bの気体の物質量の比は $\frac{n_A}{n_B} =$ となる。

問6 1 molの単原子分子理想気体が密閉された空間で体積 V 、温度 T_0 の状態に保たれている。このとき、体積を一定に保って気体の温度を T_1 に上昇させたとき、気体定数を R とすれば、気体に加えられた熱量は である。温度を T_1 から、圧力を一定に保ちながら T_0 に下げたとき、体積は減少した。気体がされた仕事は である。

問7 図1-Vのように、水平に設置した円筒管に右側からピストンを挿入した。左側の管口で441 Hzの音をスピーカーで鳴らしながら、ピストンの位置を管の左端から右へゆっくり変化させた。管の左端からのピストンの位置が0.20 mのときに初めて共鳴が起き、次に0.60 mのときに共鳴した。ピストンの位置を0.60 mで固定したまま、音の振動数を441 Hzから徐々に小さくしていくと、次に共鳴が起きるのは、振動数が Hzのときである。ただし、開口端補正は無視する。

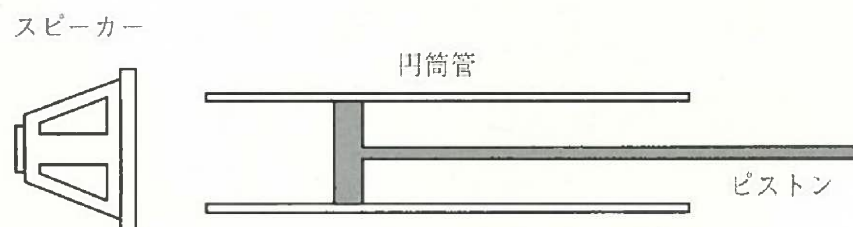


図1-V

問8 水を満たした水槽の半分に厚い板を沈めて、水深の深い領域1と浅い領域2の二つの領域に分けた。図1—VIに水槽を上から見た図を示す。山の波面の間隔が3.0 cmの平面波を、二つの領域の境界面に対して30°の角度で入射させる。入射した平面波が境界面を通過した後に、領域2で山の波面の間隔が1.0 cmになったとする。ただし、図中では波面の一部だけを示し、領域2の波面、進行方向は示していない。反射波は無視する。

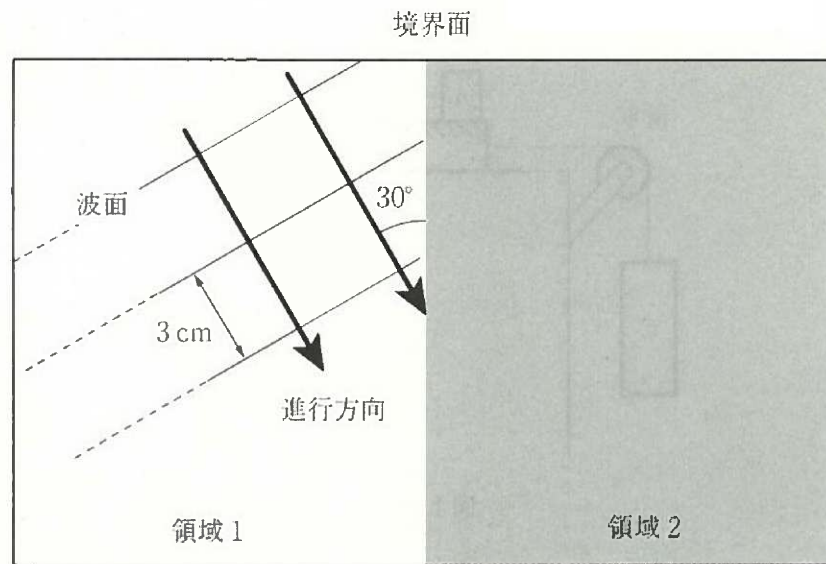


図1—VI

(1) 領域1から境界面を通過した後の平面波の進行方向を示す図として、図1—VIIの(ア)~(カ)の中から最も適切なものを1つ選び、その記号で答えよ。ただし、図中の破線は境界面の法線を示している。 ⑬

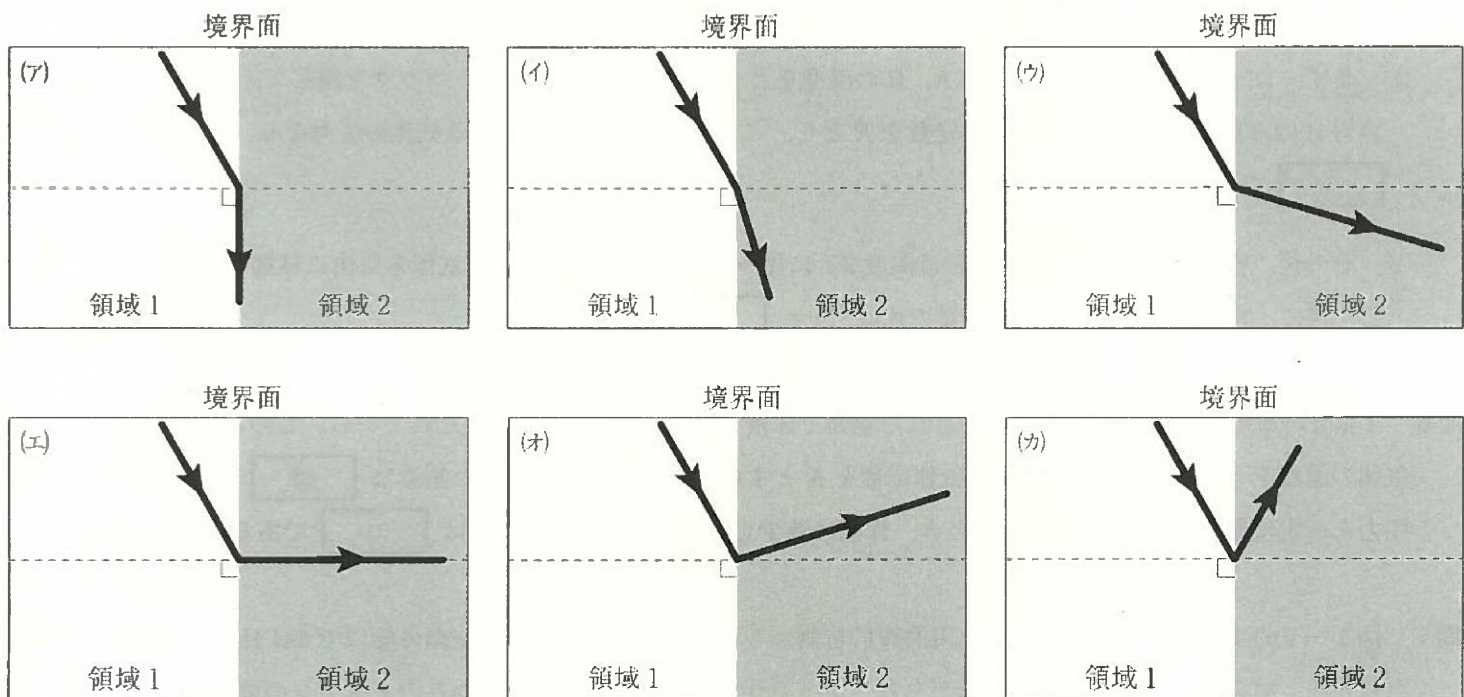


図1—VII

(2) 領域1のある点で山の波面が通過して、次に山の波面が通過するまでの時間の間隔が0.20 sであったとすると、領域2のある点で山の波面が到達する時間の間隔は ⑭ sで、領域2の平面波の速さは ⑮ m/sである。

(3) 領域2での屈折角を θ とすると、 $\sin \theta =$ ⑯ である。

問9 図1—Ⅷのように、長方形 ABCD の頂点 A, B 上に2つの波源 A, B を置き、波長が 1.5 cm の同位相の球面波を発生させた。AB 間の距離は 6 cm, AD 間の距離は 8 cm とする。

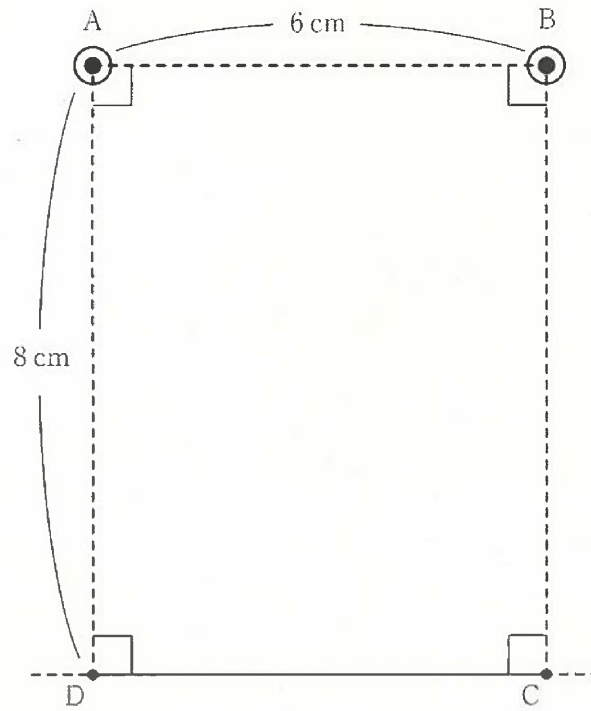


図1—Ⅷ

- (1) 2つの波源から離れたある点で、波が強めあった。その現象を表す最も適切な用語は ⑰ (ア) 反射 (イ) 屈折 (ウ) 回折 (エ) 干渉 (オ) 分散 (カ) 散乱 である。
- (2) 線分 CD 上で、波が強めあう点は ⑱ か所ある。

問10 断面積 S 、長さ l の細長い円柱状の金属の内部に電気量 $-e$ の自由電子が単位体積あたり n 個あるとする。この金属の断面に垂直に強さ E の電場を加えると電子は力を受けて動き出し、十分に時間が経過した後に全電子の平均の速さ v は一定となった。そのときの電流の大きさは ⑲ であり、単位体積あたりの電子が単位時間に電場からされる仕事は ⑳ である。

2 以下のA、Bの各問に答えよ。(30点)

A 図2-Iのように、なめらかな水平面上に置かれた長さ d の台車が、ばね定数がそれぞれ k_1 、 k_2 の2本の軽いばねにつけられて静止している。2本のばねの自然の長さはいずれも l であり、左右の壁の間隔は $2l$ である。台車の上には小球を発射する装置が固定され、質量 m の小球がセットされている。小球を除いた発射装置と台車の質量の合計は M である。また、空気抵抗や摩擦は無視できるものとする。

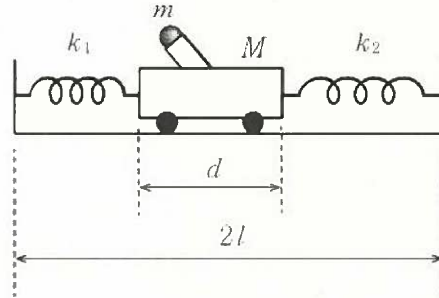


図2-I

問1 ばね定数が k_1 のばねの縮み x_1 、および、ばね定数が k_2 のばねの縮み x_2 を d 、 k_1 、 k_2 を用いて表せ。

次に、図2-IIのように、水平と角 θ ($< 90^\circ$) をなす向きに速さ v で小球を発射すると、台車は右向きに速さ V で動き出した。台車が静止位置から距離 x だけ動いたとき、台車が2本のばねから受ける合力の大きさ F は x に比例し、 $F = Kx$ (K は比例定数) の形で表せる。小球を発射してから、台車の運動が最初に右向きから左向きに切り換わるまでの時間を T とする。ただし、台車が壁に衝突することはないものとし、円周率を π とする。

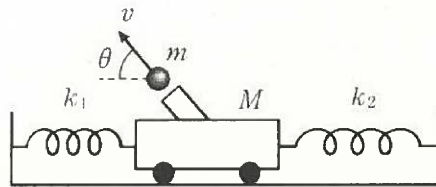


図2-II

問2 小球を発射した直後の台車の速さ V を m 、 M 、 v 、 θ を用いて表せ。

問3 K と k_1 、 k_2 の関係として正しいものを次の(ア)~(カ)の中から1つ選び、その記号で答えよ。

- | | | |
|---|--------------------------|-------------------------------------|
| (ア) $K = k_1 + k_2$ | (イ) $K = k_1 - k_2 $ | (ウ) $K = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$ |
| (エ) $K = \frac{k_1^2 + k_2^2}{ k_1 - k_2 }$ | (オ) $K = \sqrt{k_1 k_2}$ | (カ) $K = \sqrt{k_1^2 + k_2^2}$ |

問4 時間 T を M 、 K を用いて表せ。

問5 時間 T の間に台車が進んだ距離 L を M 、 V 、 K を用いて表せ。

B 図2-Ⅲのように、長さ L の軽い糸の一端を支点 O に固定し、もう一端に質量 m の小球をつないだ後、糸がたるまずに水平になる点 A で小球を手で支えた。支点 O の真下で、 O から L だけ離れた点を B とする。鉛直線 OB 上で、点 B から距離 $r (< L)$ だけ高い位置に細いくぎ K が固定されており、くぎを打ち直すことで距離 r を変えることができる。支える手を静かにはなすと小球は動きはじめ、点 B を水平右向きに速さ v で通過した。その後、それまでの運動面から外れることなく運動を続けた。小球が点 B を通過する直前と直後に受ける張力の大きさをそれぞれ T_1 、 T_2 とする。重力加速度の大きさを g とし、糸や小球にはたらく空気抵抗、糸の伸びは無視できるものとする。

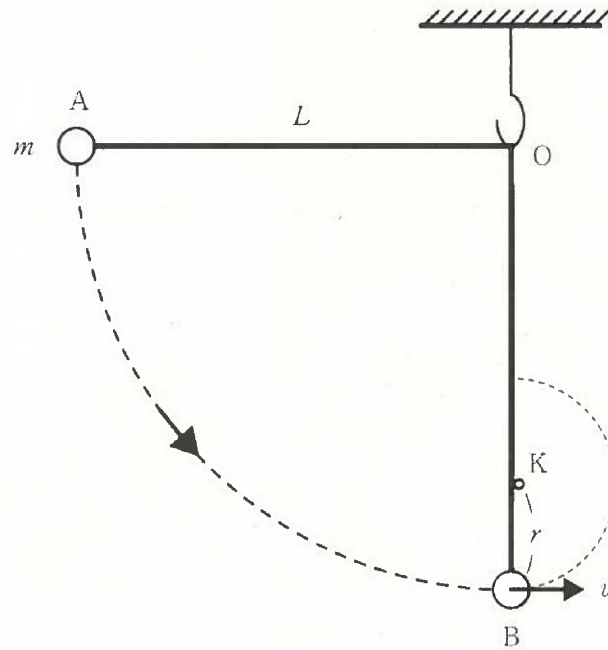


図2-Ⅲ

- 問6 点 B を通過する直前の小球の向心加速度の大きさを v 、 L を用いて表せ。
- 問7 点 B を通過した直後の小球に対して、鉛直方向の運動方程式を m 、 g 、 T_2 、 v 、 r を用いて表せ。
- 問8 v を g 、 L を用いて表せ。
- 問9 $r = \frac{L}{4}$ のとき、 T_2 は T_1 の何倍になるかを数値で答えよ。
- 問10 小球が点 B から高さ $2r$ の位置に到達できるような r の最大値は、 L の何倍になるかを数値で答えよ。

3 以下のA, Bの各問に答えよ。(30点)

A 図3-1のように、起電力 V_0 , $2V_0$ の2個の電池、電気容量 C , $2C$, $3C$ の3個のコンデンサー、3個のスイッチ S_1 , S_2 , S_3 が接続された回路を考える。各コンデンサーは、左右の極板を向かい合わせた平行板コンデンサーである。電気容量 C , $2C$, $3C$ のコンデンサーをそれぞれ、コンデンサー C , $2C$, $3C$ と呼ぶことにする。最初、どのコンデンサーも充電されておらず、また、どのスイッチも開いていた。

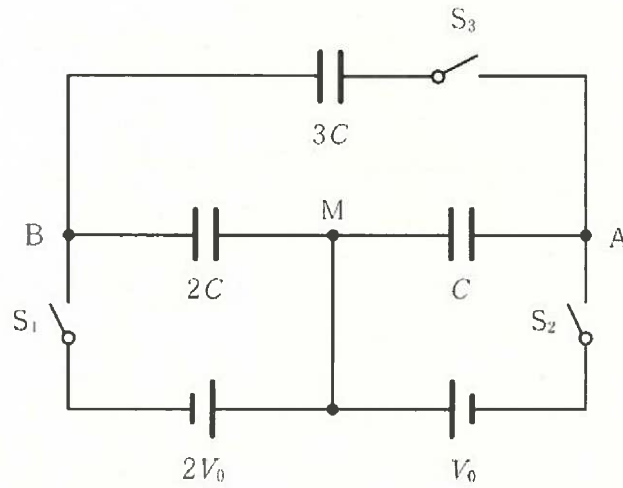


図3-1

スイッチ S_1 , S_2 を閉じた。十分に時間が経過したとき、コンデンサー C の左側極板に蓄えられた電気量を Q_1 、コンデンサー $2C$ の右側極板に蓄えられた電気量を Q_2 とする。

問1 Q_1 を C , V_0 を用いて表せ。

問2 コンデンサー C に蓄えられた静電エネルギー U を C , V_0 を用いて表せ。

次にスイッチ S_1 , S_2 を開き、スイッチ S_3 を閉じた。十分に時間が経過したとき、コンデンサー $3C$ の右側極板に蓄えられた電気量を Q_3 、図3-1にある点 A を基準とした点 M の電位を V_{MA} 、点 M を基準とした点 B の電位を V_{BM} とする。

問3 V_{MA} を Q_1 , Q_3 , C を用いて、また、 V_{BM} を Q_2 , Q_3 , C を用いて表せ。

問4 3個のコンデンサーを含む閉じた回路を1周するときの電位の変化に注目すると、 Q_1 , Q_2 , Q_3 の関係式が得られる。 Q_3 を Q_1 , Q_2 を用いて表せ。

問5 Q_3 を C , V_0 を用いて表せ。

B 図3-IIのように、間隔 $2d$ で平行に固定された極板 P と Q を考える。極板 P と Q にはそれぞれ等量の負電荷と正電荷が蓄えられている。原点 O と y 軸、 z 軸を図3-IIのようにとり、両極板は $0 \leq y \leq L$ の領域にあるとする。また、 yz 平面に垂直な x 軸を紙面の裏から表の向きを正の向きとしてとる。極板は x 方向には十分長いものとする。PQ 間の電位差は V に保たれ、極板の端の効果は無視でき、極板間に強さ E の一様な電場がある。原点 O から電気量 $q (> 0)$ 、質量 m の荷電粒子を速さ v_0 で y 軸の正の向きに打ち込んだ。その後、荷電粒子は z 軸に平行な方向では加速度の大きさ a の等加速度運動をした。ただし、重力は無視できるものとする。

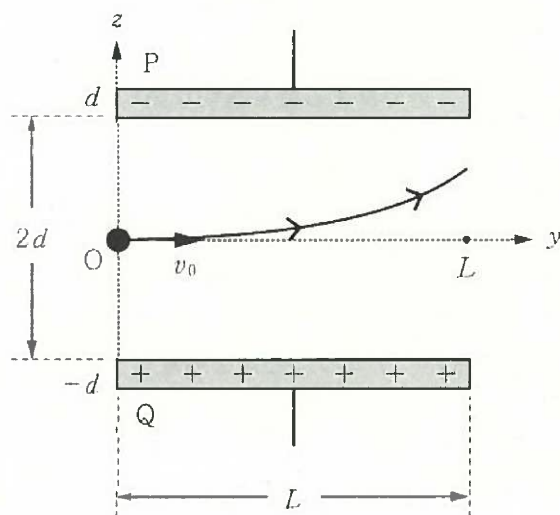


図3-II

問6 極板 PQ 間の電場の強さ E を d 、 V を用いて表せ。

問7 荷電粒子の加速度の大きさ a を q 、 m 、 E を用いて表せ。

問8 荷電粒子が極板に当たらずに $y = L$ に到達するための v_0 の満たすべき条件式を a 、 d 、 L を用いて表せ。

次に、図3-IIIのように、電場と同じ向きに磁束密度の大きさ B の一様な磁場を極板間に加え、原点 O から電気量 $q (> 0)$ 、質量 m の荷電粒子を速さ v_0 で y 軸の正の向きに打ち込んだ。その後、荷電粒子は z 軸に平行な方向では加速度の大きさ a の等加速度運動をした。また、 z 軸の正の側から原点 O のある方を見たとき、図3-IVのように、荷電粒子は半円の軌道を描き、座標 $(x_0, 0, z_0)$ の点を通じた。ここで、 z_0 は $0 < z_0 < d$ を、 x_0 は $0 < x_0 < 2L$ を満たしている。円周率を π とする。

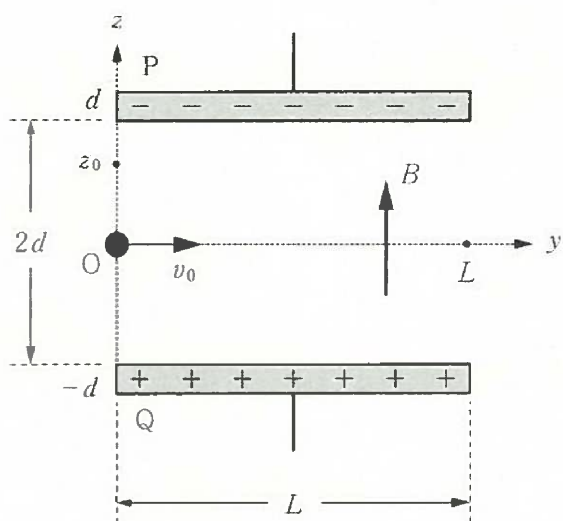


図3-III

z 軸の正の側から見た荷電粒子の軌道

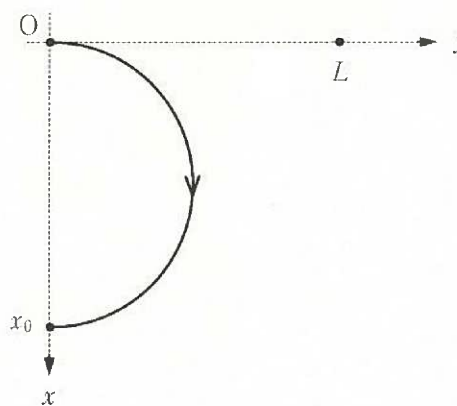


図3-IV

問9 x_0 を B 、 q 、 m 、 v_0 を用いて表せ。

問10 z_0 を B 、 q 、 m 、 a 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, N = 14.0, O = 16.0, Br = 79.9

1 以下の各問に答えなさい。(17点)

問1 次の文章を読んで、 ~ に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

物質を構成している原子や分子は常に運動しており、この運動は熱運動とよばれる。物質を加熱すると熱エネルギーを受け取り、熱運動はより激しくなる。

一定量の物質が状態変化するためにはそれぞれの物質によって決まった熱量が必要であり、固体 1 mol を液体にするのに必要な熱量を といい、液体 1 mol を気体にするのに必要な熱量を という。

一方、液体が固体に変化するとき、 と等しい熱量の が放出される。また、気体が液体に変化するとき、 と等しい熱量の が放出される。

問2 次の文章を読んで、以下の(1)~(3)の問いに答えなさい。

密閉容器に純物質の液体を入れ一定温度に保つと、単位時間に液体から気体に変化する分子の数と気体から液体に変化する分子の数がやがて等しくなり、見かけ上、何も変化が起きていないような状態になる。^(a)

(1) 下線部(a)の平衡を何というか答えなさい。

(2) 下線部(a)の状態にある気体の圧力を何というか答えなさい。

(3) 下線部(a)の状態にある物質の温度が上がると、その気体の圧力はどうなるか、(ア)~(ウ)の中から1つ選び、その記号を記入しなさい。

(ア) 高くなる (イ) 低くなる (ウ) 変わらない

問3 次の文章を読んで、以下の(1)、(2)の問いに答えなさい。

ある一定量の気体が容積を変えることができる密閉容器に入っている。この気体の状態Ⅰ～Ⅲにおける圧力、絶対温度、体積を表Ⅰに示す。初め状態Ⅰにあった気体の絶対温度を T_1 に保ったまま、圧力を P_2 にしたときを状態Ⅱとする。次に、状態Ⅱにあった気体の圧力を P_2 に保ったまま、絶対温度を T_2 にしたときを状態Ⅲとする。この気体にはボイルの法則とシャルルの法則が成り立つ。

表Ⅰ 気体の状態

状態	圧力	絶対温度	体積
Ⅰ	P_1	T_1	V_1
Ⅱ	P_2	T_1	V_m
Ⅲ	P_2	T_2	V_2

(1) この気体の圧力、絶対温度、体積について、成り立つ等式を(ア)～(オ)の中からすべて選び、その記号を記入しなさい。

(ア) $P_1V_1 = P_2V_m$ (イ) $P_1V_1 = P_2V_2$ (ウ) $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ (エ) $\frac{V_m}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ (オ) $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

(2) 問3の(1)で選んだ等式を用いて、ボイル・シャルルの法則を表す等式を導きなさい。ただし、導かれた等式には P_1 、 P_2 、 T_1 、 T_2 、 V_1 、 V_2 が含まれていること。

問4 互いに反応しない n_A [mol] の気体 A と n_B [mol] の気体 B について考える。温度 T で気体 A、B を容積 V の別々の密閉容器に入れると、圧力はそれぞれ p_A 、 p_B であった。温度 T で気体 A、B を容積 V の密閉容器に入れ混合すると、混合気体の全圧は p であった。気体 A、B およびその混合気体の状態方程式をそれぞれ書き、それらに基づき $p = p_A + p_B$ が成り立つことを示しなさい。ただし、これらの気体は理想気体としてふるまう。

問5 同じ温度にある気体のヘリウムと窒素の混合を考える。 1.0×10^5 Pa において 6.0 L のヘリウムと 2.0 L の窒素を、容積 V の密閉容器に入れ混合した。なお混合の前後で温度の変化はなかった。この混合気体の平均分子量を答えなさい。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、これらの気体は理想気体としてふるまう。

問6 実在気体は実際には理想気体としてふるまわない。実在気体のふるまいが理想気体に最も近づく温度と圧力の条件を、(ア)～(エ)の中から1つ選び、その記号を記入しなさい。

(ア) 高温・高圧 (イ) 高温・低圧 (ウ) 低温・高圧 (エ) 低温・低圧

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(16点)

実験1 濃度がわからない塩化ナトリウム水溶液 10.0 mL をホールピペットで正確にコニカルビーカーへ入れた。この溶液に
(a) 純水 40 mL と 0.5 mol/L のクロム酸カリウム水溶液 0.5 mL を加えた。このコニカルビーカーをよく振りながら褐色の
ビュレットに入った 0.100 mol/L の硝酸銀水溶液で混合溶液を滴定したところ、8.50 mL で終点に達した。

実験2 あるタンパク質を分解し、発生したアンモニアを 2.00 mol/L の希硫酸 15.0 mL に通じ、すべて反応させた。反応後の溶
液に純水を加えて正確に 100 mL にし、その 10.0 mL を 0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定した。指示薬に
メチルオレンジを用いて、終点までに 12.4 mL を要した。
(b)

問1 実験1において、滴定のはじめは白色の沈殿が生じ、終点で赤褐色の沈殿が生じた。それぞれの沈殿が生成するときのイオ
ン反応式を書きなさい。

問2 下線部(a)の塩化物イオンの濃度は何 mol/L か答えなさい。ただし、有効数字は3桁とし4桁目を四捨五入して答えなさい。

問3 実験2においてタンパク質から発生したアンモニアの物質量は何 mol か答えなさい。ただし、有効数字は3桁とし4桁目
を四捨五入して答えなさい。

問4 実験2のように、求めたい物質の量を間接的に測定する滴定を一般に何と呼ぶか答えなさい。

問5 下線部(b)について、以下の(1)~(3)の各問に答えなさい。

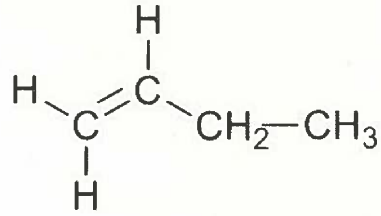
(1) 終点における色の変化を次の例にならって答えなさい。

例) 青色 → 無色

(2) 終点において溶液は酸性を示す。その理由を答えなさい。

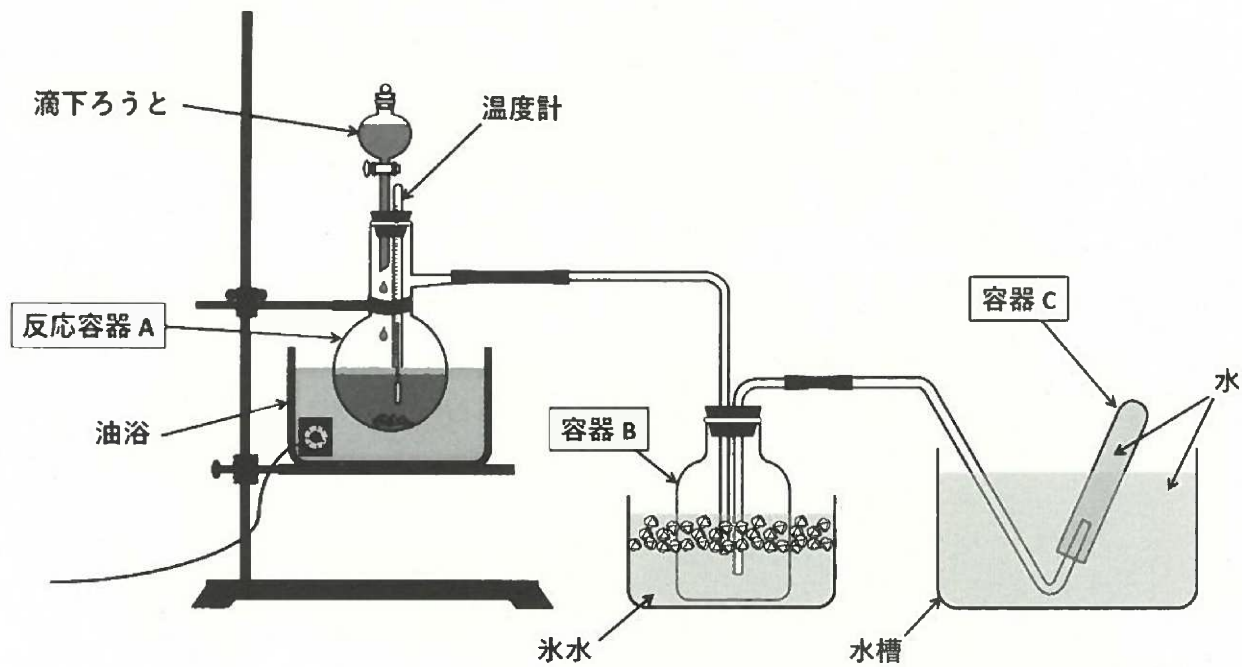
(3) 指示薬にフェノールフタレインを使った場合、終点における滴定量は 12.4 mL より小さくなるか、大きくなるか、また
は変わらないか、理由とともに答えなさい。

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



図I 構造式の例

図IIに示すような装置を組み立て、実験を行った。適切な割合で混ぜ合わせた濃硫酸とエタノールの混合物を滴下ろうとから少しずつ滴下しながら、沸石と同じ混合物の入った反応容器Aを油浴にて加熱した。温度計が130℃を示したところで化合物1が発生し、氷水で冷やしておいた容器Bに液体として溜まり始めた。さらに加熱を続けたところ、温度計が170℃を示したところで化合物2が発生し、水槽の中に入れた容器Cに気体として溜まり始めた。容器Cに集められた気体の体積は27℃、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で747 mLであった。



図II 装置

問1 化合物1の構造式を書きなさい。

問2 容器Bは逆流防止と化合物1の捕集を目的としている。化合物1の捕集の観点から考えたとき、なぜ容器Bを氷水につけておいた方が良いのか、その理由を30字程度で説明しなさい。

問3 化合物2の構造式を書きなさい。

問4 エタノールから化合物1もしくは2を生じる反応の種類としてふさわしいものを、それぞれの反応について、(ア)~(カ)の中からすべて選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) 付加反応 (イ) 縮合反応 (ウ) 脱水反応 (エ) 加水分解反応
(オ) 酸塩基反応 (カ) 脱離反応

問5 容器Cに集められた気体は、化合物2以外を含まず理想気体としてふるまうとしたとき、容器Cに集められた化合物2の物質量は何 mol か答えなさい。なお、気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 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。

問6 容器Cに集められた化合物2をすべて用いて、2.40 gの臭素を溶かした赤褐色の臭素水と反応させたところ、赤褐色が完全に消失した。

- (1) 化合物2に臭素が付加する反応について、得られる生成物を構造式で書きなさい。
(2) 臭素が完全に反応した場合、理論的に生成物が何 g 得られるか答えなさい。有効数字は3桁とし、4桁目を四捨五入して答えなさい。

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)、(2)の問いに答えなさい。

初期濃度 X [mol/L] の気体 A が分解し、 t 秒後に濃度 Y [mol/L] になった。

この分解反応の速度定数 k は、

$$k = \frac{\text{平均の反応速度}}{\text{平均の濃度}} \text{ (1/s)}$$

で定義できる。

(1) この分解反応の平均の反応速度を X , Y , t で表しなさい。

(2) 速度定数 k [1/s] を X , Y , t で表しなさい。

問2 以下の熱化学方程式で表される反応が平衡状態にあるとき、平衡が右へ移動する操作を(ア)~(オ)の中からすべて選び、その記号を記入しなさい。



(ア) 温度を高くする

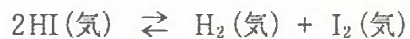
(イ) 圧力を低くする

(ウ) 水素(気)を加える

(エ) $\text{H}_2\text{O(気)}$ を加える

(オ) 体積を一定に保ってアルゴン(気)を加える

問3 X [mol] のヨウ化水素(気)を容積が一定の密閉容器に入れたところ、その一部の Y [mol] が反応して水素(気)とヨウ素(気)が生成し、以下の式で表される平衡状態になった。この平衡状態の平衡定数 K を X , Y を用いて表しなさい。



問4 水素(気)の結合エネルギーを X [kJ/mol]、酸素(気)の結合エネルギーを Y [kJ/mol]、 $\text{H}_2\text{O(気)}$ の O-H の結合エネルギーを Z [kJ/mol] とするとき、 $\text{H}_2\text{O(気)}$ の生成熱を X , Y , Z を用いて表しなさい。

問5 以下の(1)、(2)の問いに答えなさい。

(1) プロパン(気)が生成する反応の熱化学方程式を書きなさい。ただし、プロパン(気)の生成熱を W [kJ/mol] とする。

(2) プロパン(気)の燃焼熱が X [kJ/mol]、 $\text{H}_2\text{O(気)}$ の生成熱が Y [kJ/mol]、二酸化炭素(気)の生成熱が Z [kJ/mol] の場合、プロパン(気)の生成熱を X , Y , Z を用いて表しなさい。

5 以下のA, B, Cの各問に答えなさい。(17点)

A. 元素を原子番号の順に並べ、性質のよく似た元素が縦の同じ列に並ぶように配列した表を周期表という。周期表の縦の列を族、横の行を周期という。

周期表の第3周期までは全て 元素で占められている。第4周期では 元素に続き 族から 族^{※1}まで遷移元素が現れ、その後18族まで 元素が続く。

(注1: 一般的に 族までを遷移元素として扱うが、まれにその次の族まで遷移元素に含める場合がある。)

問1 上の文章中の ~ の中に入る最も適切な語句や数字を、それぞれ答えなさい。

問2 同一周期でイオン化エネルギーが最も低い元素の族番号を、数字で答えなさい。

問3 同一周期で電子親和力が最も大きい元素の族番号を、数字で答えなさい。

問4 第5周期までの全元素のうち、同族元素が全て金属である族番号を、すべて数字で答えなさい。

問5 遷移元素にはいろいろな酸化数をとるものが多い。次の化合物(ア)~(コ)の中で、最も高い酸化数を持つ原子を含む遷移金属化合物を1つ選び、その記号を記入しなさい。また、その原子の酸化数を答えなさい。

(ア) H_2SO_4 (イ) Na_2CrO_4 (ウ) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (エ) KMnO_4 (オ) NaClO_4
(カ) Al_2O_3 (キ) Fe_2O_3 (ク) MnO_2 (ケ) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (コ) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

B. 同族元素である炭素とケイ素に関する以下の各問に答えなさい。

問6 ケイ素の単体は、炭素の同素体の一つであるダイヤモンドと同様の結晶構造を持つ。しかし、ダイヤモンドの融点が3550℃と非常に高温であるのに対し、ケイ素の融点は1410℃と低い。ケイ素の融点が低い理由を30字程度で答えなさい。

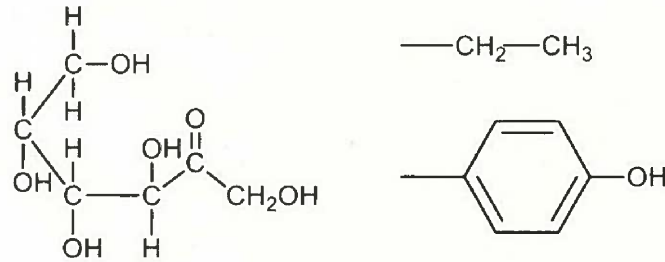
問7 固体状態の二酸化炭素と二酸化ケイ素は著しく性質が異なる。例えば、二酸化炭素は1気圧において-78.5℃で昇華し常温で気体だが、二酸化ケイ素は1気圧常温で硬い結晶であり、また融点も高い。このように性質が大きく異なる理由を60字程度で答えなさい。

C. 二酸化ケイ素に炭酸ナトリウムを加え、1300℃で融解させ反応を完結させた後、その融解物に水を加えて加熱すると、粘性の大きな液体の になる。この に塩酸を加えると白色ゲル状のケイ酸を生じる。このゲル状のケイ酸を熱して脱水したものが である。 は多孔質の固体で、表面に水や気体分子を吸着する性質がある。

問8 上の文章中の と の中に入る最も適切な語句を、それぞれ答えなさい。

問9 下線部(a)に対応する化学反応式を書きなさい。

6 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。構造を答えるときは図Ⅲの記入例にならって書きなさい。(16点)



図Ⅲ 構造式の例

自然界には、分子量が1万を超えるような高分子化合物が存在する。たとえば、デンプンとセルロースは、分子式 $C_6H_{12}O_6$ の化合物 A が繰り返し縮合した構造をしている。水溶液中では、化合物 A は鎖状構造と2種類の環状構造(α 型と β 型)の平衡状態で存在する。^(a) デンプン中のアミロースは α 型化合物 A が枝分かれせずに脱水縮合した分子で、らせん構造をとる。一方、セルロースは β 型化合物 A が脱水縮合した分子で、直線状にのびた構造をとる。

半合成繊維のアセテート繊維はセルロースを原料としている。セルロースはほとんどの溶媒に溶けないので、そのままでは繊維に加工しにくい。そこで、可溶化するために、まず セルロースのすべてのヒドロキシ基を無水酢酸と反応させてアセチル化する。^(b) 次に、このアセチル化されたセルロースのエステル結合の一部を加水分解すると、アセトンに溶ける。その溶液からアセテート繊維が加工できる。

私たちの身の回りには合成高分子化合物もあふれている。たとえば、ごみ袋はポリエチレンでできている。ポリエチレンはエチレンの付加重合で得られ、重合度を n として $\{CH_2-CH_2\}_n$ で表される。ポリエチレンの水素原子1個を原子団(基)Xで置換した構造は $\{CH_2-CHX\}_n$ で表されるが、この構造をもつ合成高分子化合物は種類が多い。^(c)

そのほかにも、縮合重合で得られる高分子化合物も広く利用されており、例えば 結合でつながったポリエチレンテレフタレートや、 結合でつながったナイロン66などの高分子化合物がある。

問1 化合物 A の化合物名を答えなさい。

問2 下線部(a)における化合物 A の2つの環状構造を図IVに示す。化合物 A の鎖状構造の構造式を書きなさい。



図IV 水溶液中の化合物 A の3つの構造

問3 アミロースで繰り返される二糖単位(マルトースの単位)の構造式を書きなさい。

問4 下線部(b)について以下の問いに答えなさい。

(1) 無水酢酸の構造式を書きなさい。

(2) 16.2 g のセルロースを完全にアセチル化するには無水酢酸は何 g 必要か、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 下線部(c)について以下の問いに答えなさい。

(1) ポリスチレンの原子団(基)X を構造式で書きなさい。

(2) 原子団(基)としてメチル基をもつ高分子化合物の平均分子量が 2.1×10^5 のとき、その平均重合度 n はいくらか、有効数字は2桁とし、3桁目を四捨五入して答えなさい。

問6 文章中の と の中に入る最も適切な語句を、それぞれ答えなさい。

生 物

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

生物の遺伝情報の本体である DNA (デオキシリボ) は、2本の鎖がより合わされた二重らせん構造をとっている。それぞれの鎖は、 と呼ばれる単位の繰り返しによって構成されている。 は、糖、塩基、 という3つの成分から構成されている。DNAのそれぞれの鎖は、 が連なって形成された結果、片方の末端は糖で終わり、もう片方の末端は で終わる。

このような DNA の基本構造が解明されて以降、ある生物から特定の遺伝子を取り出し、別の生物の DNA とつなぎ合わせる「遺伝子組換え技術」が進展した。目的とする遺伝子を含む DNA 断片を切り出す際に用いられるのが制限酵素である。制限酵素は、いわば「はさみ」の役割を果たす酵素であり、特定の塩基配列を認識して、その部分で2本鎖 DNA を切断する。制限酵素には様々な種類があり、特定の4～8塩基の配列を認識するものが一般的である。最も多いのは特定の6塩基の配列を認識するもので、GAATTC という配列を認識する *EcoRI*、AAGCTT という配列を認識する *Hind III* などの制限酵素が広く利用されている。

(a) 制限酵素を利用して切り出した DNA 断片を、同じ制限酵素で切断した別の DNA 断片と混ぜ合わせれば、互いの切り口の塩基配列が相補的になるので、切り口の塩基どうしが水素結合により接着する。しかし、水素結合は比較的不安定であるため、DNA のそれぞれの鎖の末端どうしを連結する必要がある。両者を連結する「のり」の役割を果たす酵素が である。遺伝子組換え実験では、特定の DNA 断片を増幅したい場合、細菌がもつ小型(数千～数万塩基対)の環状2本鎖 DNA である を制限酵素で切断した上で、その切り口に目的の DNA 断片を連結することが一般的である。このようにして作り出した環状の組換え DNA を大腸菌などの微生物に導入することにより、目的の遺伝子のコピーを増やしたり、その遺伝子に由来する タンパク質を生産したりすることが可能となる。

問1 文章中の ～ に入る適切な語句を記入しなさい。

問2 下線部(a)について、同じ6塩基であっても、例えばGAGTTCやAACCTTのような配列を認識してその箇所を切断する制限酵素は存在しないと推定される。それはなぜか。「制限酵素は2本鎖 DNA を切断する」という点を踏まえて、150字以上200字以内で説明しなさい。

問3 下線部(b)について、大腸菌などの微生物を用いずに、試験管内で目的の遺伝子を増幅する実験方法の名称を答えなさい。また、その実験方法の原理上、必ず反応溶液中に含まなければならない酵素の名称を答えなさい。

問4 下線部(c)について、大腸菌などの原核生物によるタンパク質合成の過程は、真核生物によるタンパク質合成の過程とどのように異なるか。転写と翻訳の場所とタイミングという観点から、100字以上150字以内で説明しなさい。

問5 6塩基の配列を認識する制限酵素で、20万塩基対からなる2本鎖 DNA を切断すると、いくつの箇所で切断が起こると期待されるか。小数点以下を四捨五入して、整数で答えなさい。なお、この実験で用いる20万塩基対の DNA は、A、T、C、Gの各塩基を同一の割合(すなわち各25%)で含み、かつ、その配列は完全にランダムなものとする。

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

動物界は、 ドメインを構成する、4つのグループの1つである。動物界は不定形な体で組織が分化していない 動物、刺胞動物など二胚葉の動物と、三胚葉の動物で構成される。三胚葉動物は、旧口動物(前口動物)と新口動物(後口動物)に分けられ、さらに旧口動物は、 動物と 動物に大別される。

ウミウシは 動物の軟体動物門に含まれる。ウミウシは体全体を包む硬い殻を持たないが、体内に有毒な化合物を含むものがあり、これによって 者から身を守っていると考えられている。ウミウシの仲間には体色が派手なものが多く、派手な体色のウミウシに擬態した動物も知られている。

(b) チドリミドリガイは、沖縄では一年中みられるウミウシで、緑藻の仲間の細胞質を吸って餌としている。さらに、吸い込んだ細胞質のうち、緑藻の葉緑体だけを消化腺の細胞内に保持する。この葉緑体は光合成をおこなうことができるので、チドリミドリガイは「光合成をする動物」と見ることもできる。チドリミドリガイは水槽の中で餌を与えなくても半年以上生き続けることが知られている。

問1 文章中の ~ に入る適切な語句を記入しなさい。

問2 下線部(a)について、動物界を除く3つのグループをすべて答えなさい。

問3 「軟体動物門」と「新口動物(後口動物)」に含まれる動物をそれぞれ(a)~(j)の中からすべて選び、その記号を記入しなさい。

- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| (ア) ホヤ | (イ) ヒドラ | (ウ) プラナリア | (エ) アオリイカ |
| (オ) ミズクラゲ | (カ) オニヒトデ | (キ) イセエビ | (ク) イトミミズ |
| (ケ) センチュウ | (コ) ナマコ | (サ) ナメクジ | (シ) ミドリムシ |

問4 下線部(b)について、他の動物が派手な体色のウミウシに擬態する利点を説明しなさい。

問5 下線部(c)が含まない光合成色素を1つ答えなさい。

問6 下線部(d)を参考にして、チドリミドリガイが葉緑体の光合成によって栄養を得ているかどうかを確かめる実験を提案しなさい。

3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

脊椎動物の情報伝達系には、体内や体外の環境変化を受容して素早い反応を引き起こす [1] 系と、体液の循環を介して比較的ゆっくりとした反応を引き起こす [2] 系が存在する。例えば、ヒトの脳の一部でもある [3] の [4] には神経分泌細胞が存在しており、ホルモンの分泌などを行っている。[4] は、体内の各器官の活動を調節している自律神経系の中核でもあり、体内の [5] は、[1] 系と [2] 系との密接な協調によって維持されている。

一般的にホルモンは、^(a)血液などの「体液」を介して運ばれる。ホルモンが作用する範囲や時間は様々である。例えば、チロキシン(サイロキシン)は主に代謝と関連したホルモンの一種であるが、全身の細胞に存在するチロキシン [6] と特異的に結合して情報を伝達し、^(b)細胞内の様々な代謝反応を数日から数週間にわたって促進させる。

チロキシンの場合、チロキシン分泌を促進するホルモンである [7] ホルモンが [8] から分泌されるが、チロキシンの血液中濃度が高くなると、[8] が血液中のチロキシン濃度を感知して、[7] ホルモンの分泌を抑制する。さらにチロキシンは [4] にも作用して、[8] からの [7] ホルモンの分泌を抑制することにより、生体内のチロキシンの量が一定に保たれる。このような一連の仕組みを [9] と呼ぶ。

問1 文章中の [1] ~ [9] に入る最も適切な語句を以下の(ア)~(ネ)の中から選び、その記号を記入しなさい。

- | | | |
|--------------|----------|---------------|
| (ア) 受容体 | (イ) NADH | (ウ) 甲状腺刺激 |
| (エ) プログラム調節 | (オ) ATP | (カ) フィードバック調節 |
| (キ) 汗腺 | (ク) 内分泌 | (ケ) 脳下垂体前葉 |
| (コ) 副腎皮質刺激 | (サ) 外分泌 | (シ) 屈曲性 |
| (ス) ノックアウト調節 | (セ) 間脳 | (ソ) 大脳 |
| (タ) 中脳 | (チ) 小脳 | (ツ) 延髄 |
| (テ) 変動性 | (ト) 恒常性 | (ナ) 神経 |
| (ニ) 周期性 | (ヌ) 視床下部 | (ネ) 脊椎 |

問2 下線部(a)について、脊椎動物における血液以外の体液を2つ答えなさい。

問3 一般的なホルモンの性質と情報伝達場所について述べた以下の(ア)~(オ)の中から正しいものをすべて選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) 水溶性(親水性)のホルモンは、細胞膜を通過し、細胞膜表面で情報を伝達する。
- (イ) 脂溶性(疎水性)のホルモンは、細胞膜を通過せず、細胞膜表面で情報を伝達する。
- (ウ) 水溶性(親水性)のホルモンは、細胞膜を通過せず、細胞膜表面で情報を伝達する。
- (エ) 水溶性(親水性)のホルモンは、細胞膜を通過し、細胞内で情報を伝達する。
- (オ) 脂溶性(疎水性)のホルモンは、細胞膜を通過し、細胞内で情報を伝達する。

問4 下線部(b)について、甲状腺除去手術を行ったマウスでは、血液中のチロキシン濃度、グルコース消費速度は除去手術以前と比べてどのように変化すると考えられるか、以下の(ア)~(エ)の中から最も適切なものを1つ選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) 血中チロキシン濃度は緩やかに減少し、グルコース消費速度は急激に速くなる。
- (イ) 血中チロキシン濃度は急速に増加し、グルコース消費速度は徐々に遅くなる。
- (ウ) 血中チロキシン濃度は緩やかに増加し、グルコース消費速度は徐々に速くなる。
- (エ) 血中チロキシン濃度は急速に減少し、グルコース消費速度は徐々に遅くなる。

問5 体内環境の調節に関連して、血糖値を上げる働きを持つホルモンの名称を2つと、血糖値を下げる働きを持つホルモンの名称を1つ答えなさい。また、それぞれの主な分泌器官名を答えなさい。ただし、チロキシン(サイロキシン)は解答対象から除くこととする。

問6 生命は海で生まれ、原始の単細胞生物は海水中の物質と細胞内の物質とのやりとりで生命を維持していたと考えられる。このことを踏まえながら、多細胞の動物において「体液」が必要となった理由について、100字以内で答えなさい。

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

琉球列島には独特な地史や、地理的な特徴を背景に、多様な生物が生息・生育している。この列島には固有種が多数分布しており、他の地域とは生物相が異なっている。琉球列島の固有種の中には、島という環境での生活に した形質をもつ種も見られる。

島の生態系の特徴の1つは、生物群集における「食う－食われる」という生物間の一連のつながりを示す にある。島にも光エネルギーを用いて無機物から有機物を合成することができる植物などの 者や、 者から直接有機物を摂取する 者が分布している。しかし、琉球列島には哺乳類や鳥類を採食する動物は非常に少ない。

琉球列島の南に位置する西表島には、琉球列島で唯一、在来のネコ科哺乳類であるイリオモテヤマネコが生息している。一般に、ネコ科の哺乳類はネズミなどの小型哺乳類や鳥類を採食する肉食動物で、十分な餌動物を確保するために広い行動圏が必要である。そのため、西表島のような小さな島にネコ科の哺乳類が分布することは稀である。西表島でイリオモテヤマネコが生息できる理由の1つは、西表島ではイリオモテヤマネコが個体群を維持するのに、十分な有機物が、間接的に供給されているからである。

問1 文章中の ～ に入る適切な語句を記入しなさい。

問2 下線部(a)に関する以下の問いに答えなさい。

(1) 琉球列島の属するバイオーム(生物群系)は、亜熱帯多雨林である。バイオームは植生をもとに区分されるが、植生は気候と密接に関係している。亜熱帯多雨林が成立する気候の説明として最も適切なものを以下の(ア)～(エ)の中から1つ選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) 一年を通して気温が高く、乾燥している。
- (イ) 降水量が多い雨季と、降水量が少ない乾季にはっきりと分かれている。
- (ウ) 年平均気温は比較的高いが、気温がやや低くなる時期がある。
- (エ) 気温も雨量も季節変動はほとんどない。

(2) 亜熱帯多雨林で優占する樹木の特徴を簡潔に説明しなさい。

(3) 琉球列島は北回帰線のやや北(北緯27度前後)に位置している。地球規模で見たときに、琉球列島と同じ緯度帯で最も大きな割合を占める陸上バイオームを答えなさい。

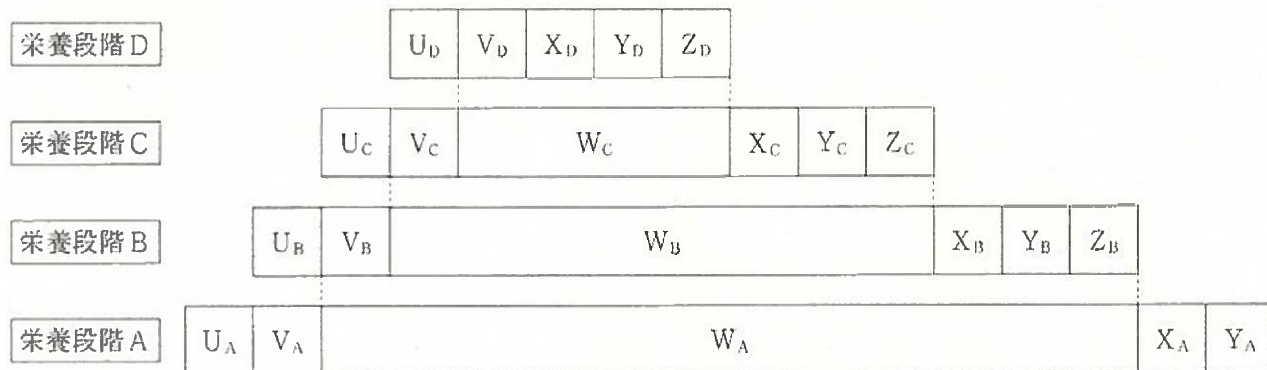
問3 下線部(b)に関する以下の問いに答えなさい。

図Iは架空の陸上生態系における各栄養段階の有機物の収支を示した模式図であり、表Iはこの生態系における各栄養段階の相対エネルギー量を示している。この生態系では、栄養段階Dを採食する動物はいない。

(1) 図Iおよび表IのU～Zには、呼吸量、被食量、不消化排出量、死亡・枯死・老廃物排出量、最初の現存量、成長量のいずれかが該当する。Yが呼吸量であるとき、U、V、X、Zに当てはまるものを以下の(ア)～(オ)の中から選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) 被食量 (イ) 不消化排出量 (ウ) 死亡・枯死・老廃物排出量
 (エ) 最初の現存量 (オ) 成長量

(2) 各栄養段階における相対エネルギー量が表Iの数値で与えられており、栄養段階Aから栄養段階Bへのエネルギー効率が5%、栄養段階Bから栄養段階Cへのエネルギー効率が25%、栄養段階Cから栄養段階Dへのエネルギー効率が40%であるとき、(イ)栄養段階Bの W_B 、(ロ)栄養段階Aの V_A 、および(ハ)栄養段階Aの同化量を求めなさい。



図I 各栄養段階の有機物の収支

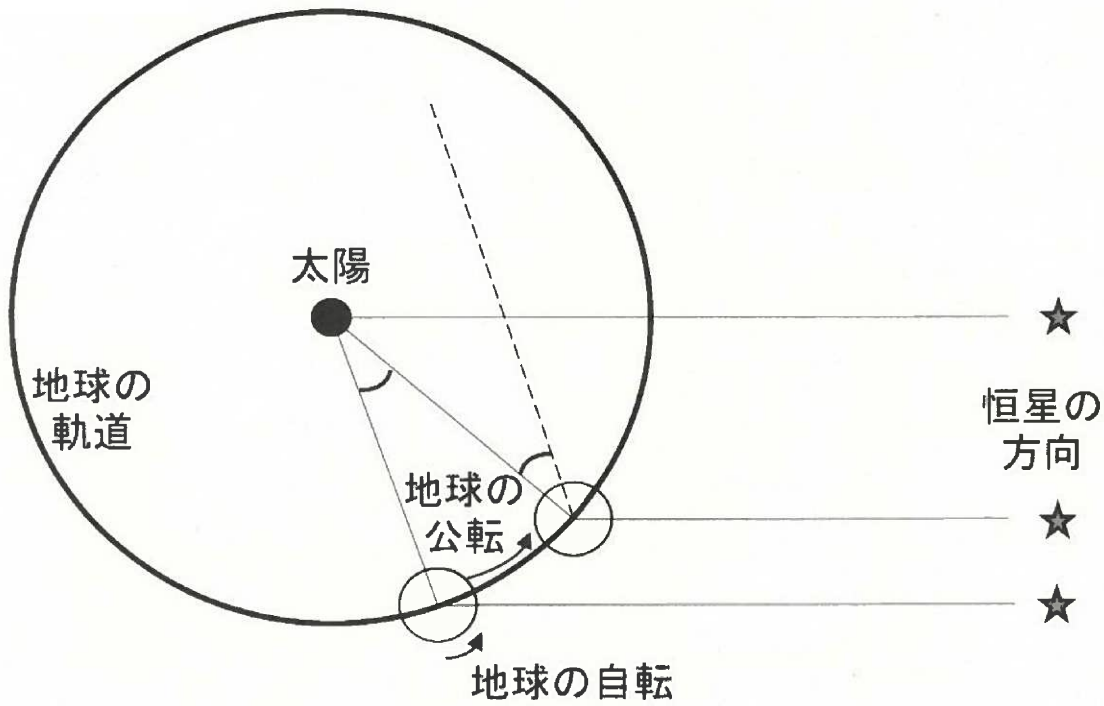
*それぞれの枠の大きさは相対エネルギー量を反映していない

表I 各栄養段階における相対エネルギー量

栄養段階	カテゴリ					
	U	V	W	X	Y (呼吸量)	Z
D	U_D	4	0	1	4	1
C	U_C	V_C	W_C	3	5	3
B	U_B	V_B	W_B	5	22	15
A	U_A	V_A	W_A	23	280	-

地 学

1 次の各問に答えなさい。(25点)



図I 地球の公転軌道と自転。

A. 図Iは太陽の周りを公転する地球の軌道を示す。図中の矢印は、地球の自転・公転の向きを示す。現在の地球の軌道は円に近い楕円である。これについて、次の文章の ~ に当てはまる数値(整数または小数)を答えなさい。

図Iのように、地球は自転しながら太陽の周りを公転している。太陽を基準とした1日(1太陽日)は、太陽が南中(日周運動により真南に来ること)してから次に南中するまでの時間にあたる。また、1太陽日を24等分した時間が「1太陽時間」である。同じように、恒星(宇宙空間)を基準とした1日(1恒星日)は、ある恒星が南中してから同じ恒星が次に南中するまでの時間にあたる。

地球の公転周期は約365太陽日であるから、図Iより、1恒星日 + 恒星日が、1太陽日(24太陽時間)に相当する。このことから、1恒星日は太陽時間で表すと、ほぼ 時間 分となる。従って、恒星は天球上で太陽の動きよりも1日に約 度早く西に移動し、同じ時刻でも季節によって見える星座が異なっている。

B. 海面高度を測定するための地球観測衛星 GEOSAT は、米国によって 1985 年に打ち上げられ、約 1 年半の間、北緯 72° から南緯 72° までの範囲を密に覆う軌道によってジオイドの高さを精密に測定した。またその後、約 17 日の周期で地球上の同一の地点の上空に戻って海面高度の時間変化を精密に測定する軌道に移行された。図Ⅱは GEOSAT によって測定された海域のジオイドの高さの分布を示す。正の値を示す等高線を実線で、負の値を示す等高線を破線で表している。海域でのジオイドは、時間変化する海面を長期間にわたって平均した「静止した平均海面」にあたり、至るところで重力と直交する面となっている。また、ジオイドは陸域でも定義される。図Ⅲには、国土交通省国土地理院によって求められた日本列島のジオイドの高さの分布を等高線で示す。図Ⅱ・図Ⅲとも、数値の単位は m(メートル)である。これらについて、次の各問に答えなさい。

問1 海面が時間変化する(時間とともに平均海面からずれる)原因として考えられることを2つ答えなさい。

問2 図Ⅱによれば、日本列島からオーストラリア沖に至る西太平洋の広域のジオイドの高さは正の値となっている。その原因として考えられることを答えなさい。

問3 原理的には、陸域のジオイドはどのようにして求められるかを答えなさい。

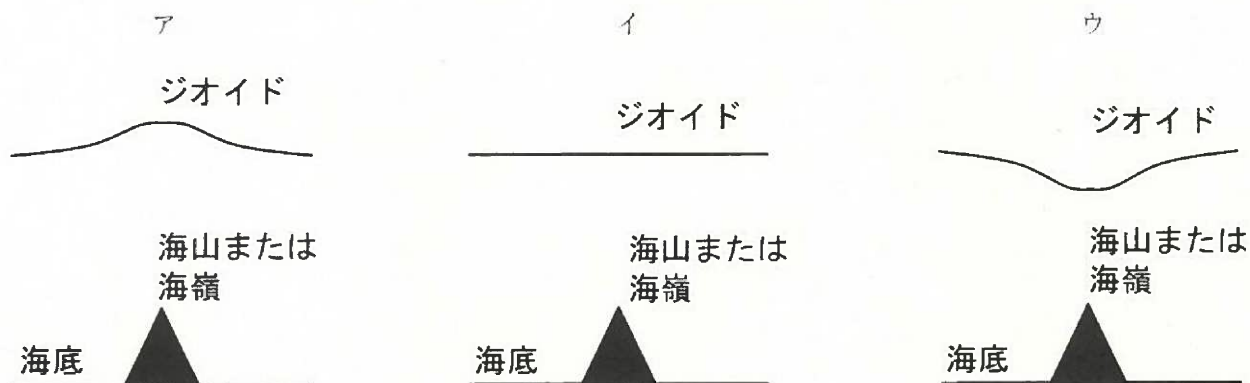
問4 図Ⅲに見られる日本列島のジオイドの高さの特徴を説明しなさい。

問5 次の文の ~ の組み合わせとして正しいものを、(ア)~(カ)から選び、記号で答えなさい。

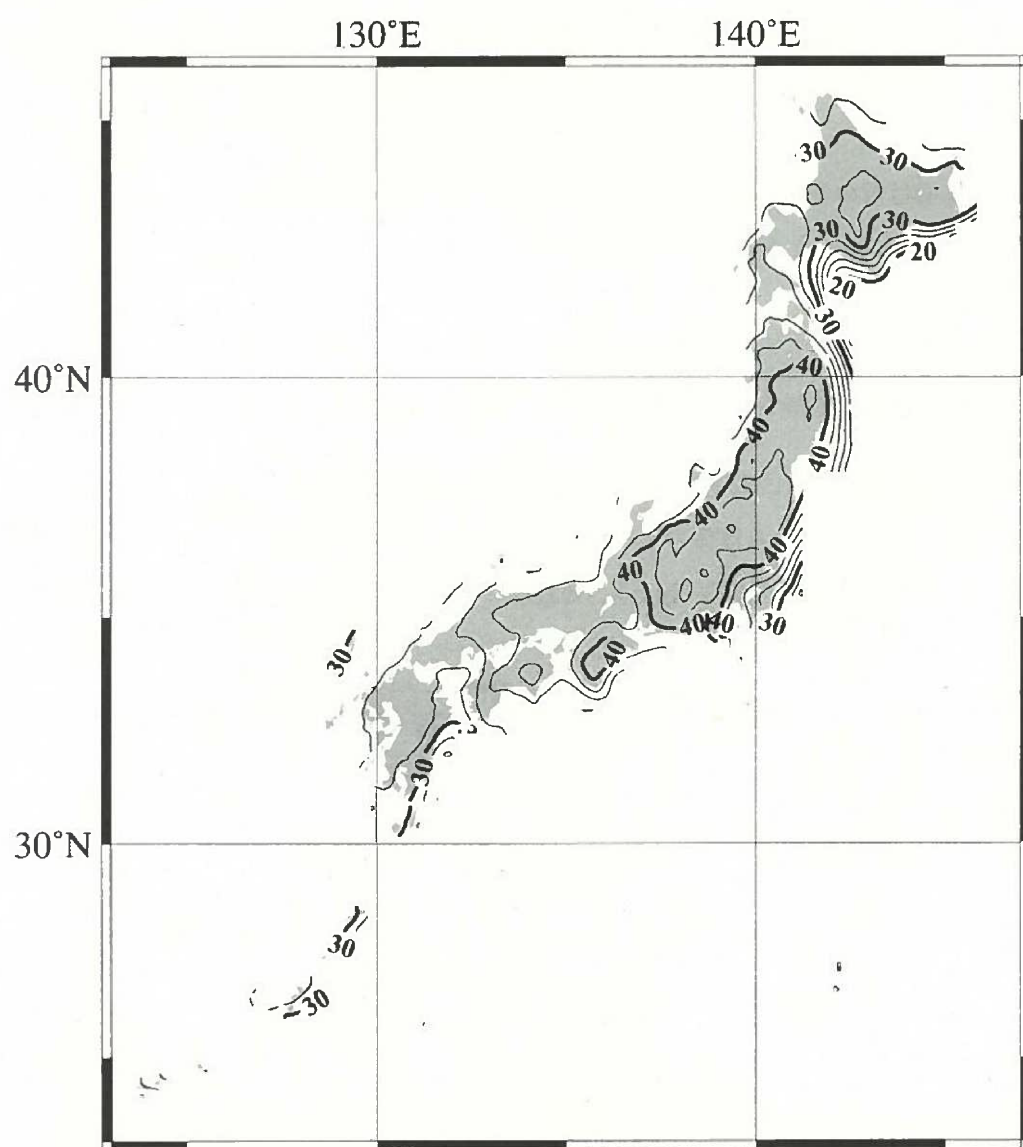
の高さは を基準として表わす。 を基準とした地面の高さを標高という。また、 の表面での重力と標準重力との差を、重力異常という。

- | | | | | |
|-----|---------|---------|---------|---------|
| (ア) | 1 ジオイド | 2 地球楕円体 | 3 地球楕円体 | 4 地球楕円体 |
| (イ) | 1 地球楕円体 | 2 ジオイド | 3 ジオイド | 4 地球楕円体 |
| (ウ) | 1 地球楕円体 | 2 ジオイド | 3 地球楕円体 | 4 地球楕円体 |
| (エ) | 1 ジオイド | 2 地球楕円体 | 3 地球楕円体 | 4 ジオイド |
| (オ) | 1 ジオイド | 2 地球楕円体 | 3 ジオイド | 4 ジオイド |
| (カ) | 1 ジオイド | 2 地球楕円体 | 3 ジオイド | 4 地球楕円体 |

問6 海底に海山あるいは海嶺などの凸地形がある場合、ジオイド(平均海面)の形状はどのようになるか。ア~ウから選び、記号で答えなさい。



図II 地球観測衛星 GEOSAT によるジオイドの高さ。データは米国海洋大気局環境情報センターによる。



図III 日本列島のジオイドの高さ。データは国土交通省国土地理院による。

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(20点)

台風は、北西太平洋の熱帯や亜熱帯の暖かい海上で発生・発達し、最大風速がおよそ 17 m/s 以上になった熱帯低気圧のことを指し、① 温帯低気圧とは異なる構造上の特徴を持っている。台風は、暴風・豪雨・② 高潮・高波といった自然災害につながる顕著な自然現象をしばしば引き起こすため、社会への影響も大きい。発達した熱帯低気圧は、発生する地域によって、ハリケーンやサイクロンとも呼ばれるが、自然現象としては基本的に同じものである。

摩擦の影響が小さい上空における、台風に伴う空気の運動を考える上では、地球の自転の効果によって運動に直交してはたらく 1 力、気圧差で生じる 2 力のほかに、等圧線が曲がっているために生じる 3 力も考慮する必要がある。これらの3つの力がつりあっていると仮定した場合に吹く風のことを 4 という。4 はある高度面では、等圧線に沿った回転運動をしており、現実の風のよい近似となっている。一方、摩擦の影響が大きい海面付近の台風中心付近では、ごく狭い範囲に形成される「目」と呼ばれる領域を除いて、空気は回転運動をしながら台風の中心に吹き込み、激しい上昇流をなしている。

台風は暖かい海の上で発生する。暖かい海の上では、 1 m^3 の空気を含むことができる最大の水蒸気量である飽和水蒸気量が多くなり、それに対応する水蒸気の圧力である飽和水蒸気圧も大きくなる。海面付近である程度の強さの風が吹いていると、豊富な水蒸気が大気側に供給されるため、海面付近の空気塊の相対湿度は高い。そのため、③ 空気塊が上昇し温度が低下すると、相対湿度は速やかに 100% に達する。その後も空気が上昇を続けると水蒸気の一部が 5 して液体の水となるが、それに伴って放出される潜熱が台風の主なエネルギー源となっている。

問1 1 ~ 5 にあてはまる語句を答えなさい。

問2 下線部①の例として、台風と温帯低気圧の異なる構造上の特徴のうち、1つを挙げなさい。

問3 下線部②の「高潮」とはどのような現象であるか説明しなさい。また、高潮を引き起こす2つの主要因となるものを答えなさい。

問4 下線部③に関連し、海面付近の空気の観測を行ったところ、気温は 27°C で水蒸気圧が 31.7 hPa であった。これと以下の表 I を踏まえて、以下の各問に答えなさい。

- (1) 露点($^\circ\text{C}$)を答えなさい。
- (2) 海面付近の空気の相対湿度は何%か。計算過程も示し、結果は整数で答えなさい。
- (3) 海面付近にあった空気が(1)の露点に到達したあと上昇運動を続け、周囲の空気との混合がなく 15°C になったとすると、空気塊 1 m^3 あたり何 g だけ水蒸気から液体の水に変化したことになるか。計算過程も示し、結果は整数で答えなさい。ただし、飽和水蒸気量(g/m^3)、飽和水蒸気圧(hPa)、気温($^\circ\text{C}$)の関係は以下の式で表されるものとする。

$$\text{飽和水蒸気量} = \frac{217}{\text{気温} + 273} \times \text{飽和水蒸気圧}$$

表 I. 気温と飽和水蒸気量の関係

気温($^\circ\text{C}$)	飽和水蒸気圧(hPa)
15	17.1
17	19.4
19	23.0
21	24.9
23	28.1
25	31.7
27	35.7

3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(30点)



図IV

図IVは、海洋プレート上部の層序を示している。玄武岩の上に [1] などの遠洋性堆積物、その上にケイ質泥岩などの半遠洋性堆積物が堆積している。玄武岩は [2] 溶岩と呼ばれる特徴的な形態をもっている。海洋プレート層序を構成する岩石と堆積物は、全く違った起源をもったものが、一連の層序をもって積み重なっていることになる。

[2] 溶岩はハワイ島の南東沖の海底火山でも確認されている。ハワイ諸島も玄武岩でできており、陸上ではパホイホイ溶岩とアア溶岩の2種類の形態の溶岩がある。ハワイの火山の形は、[3] 火山と呼ばれ、富士山のような [4] 火山とは異なった特徴的な形をしている。

日本のような沈み込み帯で形成される火山は、中性～酸性のマグマの活動で特徴づけられる。安山岩質の溶岩は [5] 状溶岩となる。酸性マグマの噴火は、時に巨大噴火となることがあり、多量の軽石や火山灰を噴出・降下させ、高温の [6] を広範囲に噴出させる。このような噴火によってできた、[7] 火山が九州には多く存在しており、阿蘇火山が代表的なものである。大規模な噴火で空中に放出された火山灰が堆積したものを広域テフラと呼び、日本列島をすっぽり包むほど分布範囲が広い。このような層は、遠く離れた地層を対比するのに有効であり、[8] と呼ばれる。

ハワイの玄武岩をルーペで観察すると穴だらけの岩石であった。よくみると、5～7mm大の3種類の結晶とそれを取り囲む細粒な部分から構成されている。これらの結晶はケイ酸塩鉱物である。ケイ酸塩鉱物は [9] 四面体を基本単位として、[10] の共有のしかたによって数種類に分けられる。3種類の鉱物のうち、かんらん石は [11] 構造をもち、[12] は単鎖構造、[13] は三次元網目構造をもつ。これらの鉱物は化学組成が連続的に変化するため、[14] と呼ばれる。例えば、かんらん石の化学式は [15] と書かれる。一方、鉱物のなかには化学組成が同じで、結晶構造が異なるものもある。そのような関係を [16] という。例えば、化学組成が炭素である、[17] と石墨は [16] の関係にある。

問1 [1] ～ [17] にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部①について、それぞれの岩石や堆積物はどこでどのように形成されたのか、図に書き込みなさい。

問3 下線部②の2種類の溶岩の特徴を記述しなさい。

問4 下線部③の [3] 火山と [4] 火山の形態の違いについて図を用いて記述しなさい。また、違いを生じる要因についても答えなさい。

問5 下線部④の組織は何と呼ばれるか。また、どのように形成されたのか、答えなさい。

問6 下線部⑤の構造を図示しなさい。

- 4 図Vは日本列島に分布する①～③の大規模な構造線(断層)の位置を示している。この図に関連して、以下の各問に答えなさい。
(25点)



図V

問1 構造線①は、東北日本に見られる代表的な南北方向の大きな左横ずれ断層である。この構造線について以下の各問に答えなさい。

(1) 構造線①の名称を答えなさい。

(2) 構造線①は日本海の形成時に活動したと考えられている。現在、日本海の形成については、「観音開き説」と「押し出し説」という2つの説が有力であると考えられている。そのうちの1つを選び、それについて説明しなさい。

問2 構造線②は、西南日本の外帯と内帯を分ける構造線である。西南日本の地質に関して以下の各問に答えなさい。

(1) 構造線②の名称を答えなさい。

(2) 下の文章の [1] ～ [9] にあてはまる最も適切な語句や地質年代を語群の中から選び、記号で答えなさい。

西南日本の地質体の基本構造の特徴は、海洋プレート上の堆積物が海溝ではがされ、大陸プレートの先端に付加された地層や岩石である [1] が、東西に長く帯状に配列していることである。特に、形成年代が異なる [1] が複数の帯に分布し、基本的に古いものが [2] 側に、新しいものが [3] 側に分布する。西南日本の地質は領家帯と三波川帯の間にある構造線②によって内帯と外帯に分けられる。内帯に分布する蓮華変成帯は [4] 紀の [5] 型変成岩から成る。美濃・丹波帯は、 [6] 紀の [1] であると考えられている。領家帯は、 [7] 紀の花こう岩と [8] 型変成岩から構成される。外帯には、 [7] 紀から [9] 紀の [1] である四万十帯が分布する。

語群 ア. 海溝 イ. 白亜 ウ. ジュラ エ. 高温低圧 オ. 石炭
 カ. 付加体 キ. 大陸 ク. 新第三 ケ. 低温高圧

問3 構造線③の東と西では地質構造が大きく異なる。これに関して以下の各問に答えなさい。

(1) 構造線③の名称を答えなさい。

(2) この構造線の東側は大規模な地溝帯になっている。この地溝帯の名称を答えなさい。

(3) この地溝帯の堆積物が堆積した時代の代表的な化石として正しいものを a～d の中から1つ選び、記号で答えなさい。

a アンモナイト

b 三葉虫

c ビカリア

d フズリナ

【解答例】

物理解答用紙

受験番号

- 1
- | | | | | | | | |
|---|-----------------------|---|---------------------------|---|---------------------------------------|---|----------------------|
| ① | $\frac{F\Delta t}{m}$ | ② | $\frac{v_0^2}{2\mu'g}$ | ③ | υ | ④ | $\frac{1}{2}$ |
| ⑤ | $\frac{1}{5}g$ | ⑥ | $8g$ | ⑦ | $\frac{c_L T_L + c_M T_M}{c_L + c_M}$ | ⑧ | $\frac{2nRT}{3V}$ |
| ⑨ | 4 | ⑩ | $\frac{3}{2}R(T_1 - T_0)$ | ⑪ | $R(T_1 - T_0)$ | ⑫ | 147 |
| ⑬ | υ | ⑭ | 0.20 | ⑮ | 0.050 | ⑯ | $\frac{\sqrt{3}}{6}$ |
| ⑰ | 工 | ⑱ | 3 | ⑲ | $envS$ | ⑳ | $envE$ |

- 2
- A 問1 $x_1 = \frac{k_2}{k_1 + k_2} d$ $x_2 = \frac{k_1}{k_1 + k_2} d$ 問2 $v = \frac{m}{M} v \cos \theta$
- 問3 7 問4 $T = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{K}}$ 問5 $L = \sqrt{\frac{M}{K}} v$
- B 問6 $\frac{v^2}{L}$ 問7 $m \frac{v^2}{r} = T_2 - mg$ 問8 $v = \sqrt{2gL}$
- 問9 $\frac{T_2}{T_1} = 3$ 問10 0.4

- 3
- A 問1 $Q_1 = CV_0$ 問2 $U = \frac{1}{2} CV_0^2$
- 問3 $V_{MA} = \frac{Q_1 + Q_3}{C}$ $V_{BM} = -\frac{Q_2 - Q_3}{2C}$
- 問4 $Q_3 = \frac{3}{11} (-2Q_1 + Q_2)$ 問5 $Q_3 = \frac{6}{11} CV_0$
- B 問6 $E = \frac{V}{2d}$ 問7 $a = \frac{qE}{m}$ 問8 $v_0 > L\sqrt{\frac{a}{2d}}$
- 問9 $x_0 = \frac{2mv_0}{qB}$ 問10 $z_0 = \frac{1}{2} a \left(\frac{\pi m}{qB} \right)^2$

	得	点
物	理	

化学解答用紙

解答例

1

問1 1 融解熱, 2 蒸発熱, 3 凝固熱, 4 凝縮熱 (各1点)

問2 (1) 気液平衡, (2) 飽和蒸気圧または蒸気圧, (3) (ア) (各1点)

問3 (1) (ア), (エ) (1点)

(2) (2点)

$$P_1 V_1 = P_2 V_m \cdots \textcircled{1}$$

$$\frac{V_m}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \cdots \textcircled{2}$$

① の $V_m = \frac{P_1 V_1}{P_2}$ を②へ代入すると

$$\frac{1}{T_1} \times \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

問4 (3点)

気体Aの状態方程式

$$p_A V = n_A RT \cdots \textcircled{1}$$

気体Bの状態方程式

$$p_B V = n_B RT \cdots \textcircled{2}$$

混合気体の状態方程式

$$p V = (n_A + n_B) RT \cdots \textcircled{3}$$

① と ②より

$$p_A V + p_B V = n_A RT + n_B RT$$

$$(p_A + p_B) V = (n_A + n_B) RT \cdots \textcircled{4}$$

③と④より

$$p V = (p_A + p_B) V$$

よって $p = p_A + p_B$

問5 10 (3点)

問6 (イ) (1点)

問1 白色沈殿のイオン反応式： $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$
赤褐色沈殿のイオン反応式： $2\text{Ag}^+ + \text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4$

問2 $8.50 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

問3 $3.52 \times 10^{-2} \text{ mol}$

問4 逆滴定

問5 (1) 赤色 → 黄色

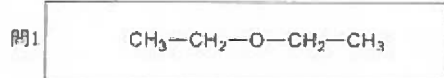
(2) 共存する硫酸アンモニウムから電離した NH_4^+ の一部が H_2O と反応して H_3O^+ を生じるため(解答例 1)

共存する硫酸アンモニウムは弱塩基のアンモニアと強酸の硫酸から生じた正塩だから(解答例 2)

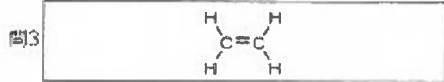
(3) フェノールフタレインは塩基性側に変色域を持つ指示薬であり、塩基性では共存する硫酸アンモニウムが水酸化ナトリウムと反応を起こして滴定量は大きくなる(解答例 1)

フェノールフタレインは塩基性側に変色域を持つ指示薬であり、塩基性では $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3$ の反応が起こり、滴定量は大きくなる(解答例 2)

3

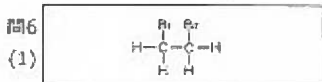


問2 揮発性のジエチルエーテルを確実に液化させ捕集するため



問4	化合物 1	(ウ) と (イ)	化合物 2	(ウ) と (カ)
----	-------	-----------	-------	-----------

問5 0.030 (mol)



問6 (2) 2.82 (g)

小計

4 (17点)

問1

(1) $\frac{X-Y}{t}$ (2点)

(2) $\frac{2(X-Y)}{t(X+Y)}$ (2点)

問2 (ア) (イ) (エ) (3点(各1点))

問3 $\frac{Y^2}{4(X-Y)^2}$ (2点)

問4 $2Z - X - \frac{1}{2}Y$ (2点)

問5



<解答例>

問1 1 : 典型 2 : 3 3 : 1 1 (各1点 計3点)

問2 1 (1点)

問3 1 7 (1点)

問4 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 (2点)

問5 エ : 酸化数 : + 7 (各1点 計2点)

問6 炭素-炭素結合に比べて、ケイ素-ケイ素結合が弱いため (2 6 文字) (2点)

問7 固体二酸化炭素は二酸化炭素が分子間力で結合した分子結晶であるが、二酸化ケイ素は共有結合でネットワーク状につながった共有結合の結晶だから (6 7 文字) (2点)

問8 4 : 水ガラス 5 : シリカゲル (各1点 計2点)

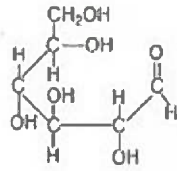
問9 $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2$ (2点)

合計 17 点

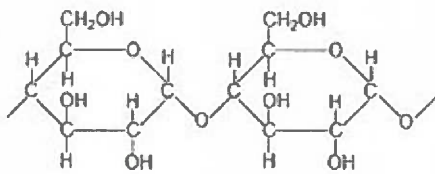
6 解答例

問1 グルコース

問2

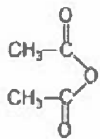


問3



問4

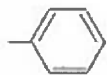
(1)



(2) 30.6 g (16.2 g / (162 g/mol) × 3 = 0.30 モル必要なので)

問5

(1)



(2)

5.0×10^3

問6 (1) エステル (2) アミド

【 解 答 例 】

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	核酸	2	ヌクレオチド (デオキシリボヌクレオチド)	3	リン酸(リン酸基)
4	DNAリガーゼ	5	プラスミド		

問2

DNAの片方の鎖がGAATTCのような配列である場合、塩基の相補性によって、もう片方の鎖も同一の塩基配列となるため、このような配列を認識する制限酵素は双方のDNA鎖に同じ箇所で作用できる。一方、DNAの片方の鎖がGAGTTCのような配列である場合、もう片方の鎖は別の塩基配列となるため、このような配列を認識する酵素があったとしても片方の鎖にしか作用できないと考えられるため。[187字]

150
200

問3

実験方法	PCR法(ポリメラーゼ連鎖反応法)	酵素	DNAポリメラーゼ(DNA合成酵素)
------	-------------------	----	--------------------

問4

真核生物の場合、転写は核内で行われ、合成されたmRNAが細胞質基質に移されたのちにリボソームによるタンパク質合成が行われる。一方、原核生物の場合、核膜が存在しないため、転写と翻訳が共に細胞質で行われる。リボソームは転写途中のmRNAにも付着できるため、転写と翻訳が同時進行することができる。[145字]

100
150

問5

49	箇所
----	----

3

問1

1	ナ	2	ク	3	セ
4	ス	5	ト	6	ア
7	ウ	8	ケ	9	カ

問2

組織液	リンパ液
-----	------

問3

ウ, オ

問4

エ

問5

血糖値を上げるホルモンの名称	アドレナリン	分泌器官名	副腎髄質
血糖値を上げるホルモンの名称	コルチゾール (糖質コルチコイド)	分泌器官名	副腎皮質
血糖値を下げるホルモンの名称	インスリン	分泌器官名	ランゲルハンス島B細胞(膵臓)

問6

多細胞動物では、体のより内部側に存在する細胞で、直接体外環境とのやり取りができなくなってしまったため、体外環境と各細胞との間を埋める液体(体液)が必要になったから。(82字)

	得点
生 物	

4

問1

1	適応	2	食物連鎖	3	生産
4	一次消費				

問2

(1)

ウ

問2

(2)

硬く光沢がある葉を一年中つけていること。

問2

(3)

砂漠

問3

(1)

U	エ	V	オ	X	ウ	Z	イ
---	---	---	---	---	---	---	---

問3

(2)

(イ) 栄養段階Bの W_B	25.5
(ロ) 栄養段階Aの V_A	1392
(ハ) 栄養段階Aの同化量	1800

地学解答用紙

1

解答例

A.

1

0.00274

2

23

↑有効数字は3桁である。3・4も同様。

3

56 (56.1)

4

1 (0.986)

B.

問1

地衡流 (の変動)

潮汐

表面海水の熱膨張、冷水渦、津波、気圧差などでもよい。

問2

日本列島からニューギニアに至る西太平洋の地下には沈み込んだ冷たく重い過去のプレートが残骸がたまっており、それがさらにマントル深部へ落下している。
(「マントル対流により、西太平洋のマントル深部には重い物質がたまっている。」でもよい。)

問3

陸地に仮想的な運河を多く掘り、海水を引き入れたと考えた時の平均海水面の延長の水面。

問4

日本列島とその周辺海域のジオイドはすべて正の値となっている。また、日本列島の陸地に沿って、周辺海域にくらべて相対的に10m程度高くなっている。特に、中部山岳地帯では高さが40mを超えている。

問5

オ

問6

ア

2 問 1

1	2	3	4	5
コリオリ(偏向)	気圧(圧力)傾度	遠心	傾度風	凝結 (凝縮も可)

問 2

温帯低気圧は前線を伴っているが、台風は前線を伴っていない。
(別解：台風は上空に暖気核を持つが、温帯低気圧は寒気核を持つ。)

問 3

現象の説明	海面が低気圧の通過に伴って持続的に上昇する現象
要因(1)	強風によって沿岸に海水が吹き寄せられる効果
要因(2)	気圧の低下によって海水が吸い上げられる効果

問 4

(1)	25℃
(2)	27℃における飽和水蒸気圧は 35.7 hPa であるため、 相対湿度 = $31.7 \div 35.7 \times 100 = 88.8\% \approx 89\%$
(3)	空気の露点は 25℃であるため、空気が持っていた 1m ³ あたりの水蒸気量は、 $217 \div (25+273) \times 31.7 = 23.1 \text{ g/m}^3$ 気温が 15℃に低下したとすると、空気が持ちうる 1m ³ あたりの水蒸気量は、 $217 \div (15+273) \times 17.1 = 12.9 \text{ g/m}^3$ よって、液体の水になった水蒸気量は $23.1 - 12.9 = 10.2 \text{ g/m}^3 \approx 10 \text{ g/m}^3$

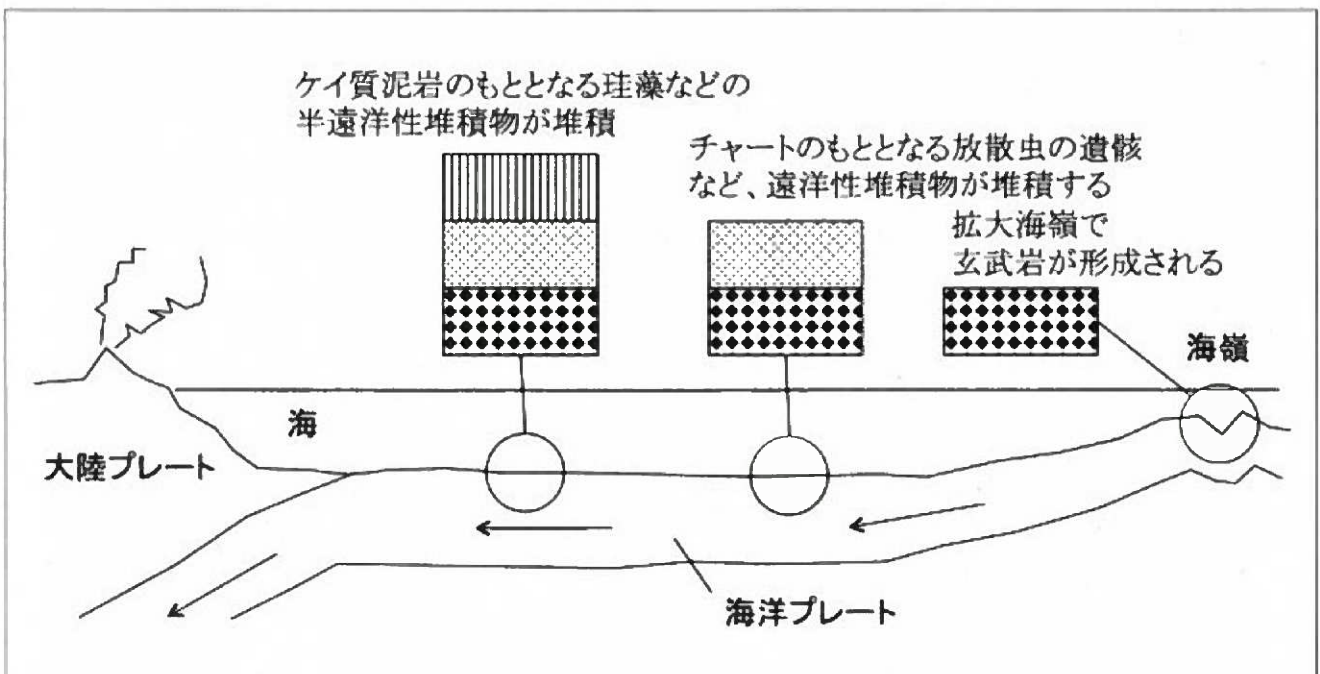
小 計	
-----	--

3 解答例

問1.

1	2	3	4	5
チャート (放散虫の遺骸)	枕状	盾状	成層	塊
6	7	8	9	10
火砕流	カルデラ	かぎ層	SiO ₄	酸素 (0)
11	12	13	14	15
独立	輝石	斜長石	固溶体	(Mg, Fe) ₂ SiO ₄
16	17			
多形 (同質異像)	ダイヤモンド			

問2.



問3.

	特 徴
パホイホイ溶岩	表面は急冷によりガラス質のことが多く、滑らかでしわ状や縄状になる。溶岩流の厚さは1m程度で薄い。
アア溶岩	溶岩表面は多孔質で凹凸に富み、ゴツゴツした数cm～数十cm程度の岩塊が溶岩全体をおおう。溶岩流は厚い。

問4.

盾状火山は裾野が広く火山の高さに対する横幅が大きい。成層火山は円錐形の形をしており、縦横比が大きい。噴出した溶岩の粘性の違いを反映しており、盾状火山の玄武岩溶岩は粘性が小さく、遠くまで流れて広がる性質がある。成層火山のマグマは粘性が大きく、溶岩や火山砕屑岩の互層によって円錐形の火山をつくる。

盾状火山



成層火山



問5.

組織名	斑状組織
形成過程	大きな結晶は斑晶と呼ばれ、マグマが噴出する前に、すでにマグマ溜まりの中で結晶化していた。細粒の基質部分は石基と呼ばれ、マグマが地表に噴出したあとに固結した部分である。急冷したため細粒となっている。(98文字)

問6.



解答例

4

問 1

(1) 棚倉構造線

(2)	選択した説	
	解答例 1	断層によって大陸から日本の部分が切り離され、列島化したのち、回転によって日本海が拡大した。東北日本は反時計回りに、西南日本は時計回りに回転しながら移動した(観音開き説)。
	解答例 2	大陸縁が割れて、西南日本が時計回りに東日本が反時計回りに回転して日本海が形成されたという考え方(観音開き説)。
	解答例 3	九州西縁と構造線①(棚倉構造線)を横ずれ断層として大陸から西南日本が滑るように海溝側に押し出されて日本海が形成されたという考え方(押し出し説)。

問 2

(1) 中央構造線

(2)	1	カ	2	キ	3	ア	4	オ	5	ケ
	6	ウ	7	イ	8	エ	9	ク		

問 3

(1)	糸魚川-静岡構造線	(2)	フォッサマグナ
(3)	c		