

理 科

15：00～17：30

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は60ページある。このうち、「物理」は2～11ページ、「化学」は12～27ページ、「生物」は28～49ページ、「地学」は50～60ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・群・学科・専攻 科 目	総 合 入 試					学 部 別 入 試					歯 学 部	獣 医 学 部	水 産 学 部	
	理 系					医 学 部								
	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	総合科学選抜群	医 学 科	保 健 学 科							
							看 護 学 専 攻	放 射 線 技 術 科 学 専 攻	検 査 技 術 科 学 専 攻	理 学 療 法 学 専 攻				作 業 療 法 学 専 攻
物 理	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	○
化 学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
生 物	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○
地 学	○	○	○	○	○									○

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督者の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

化 学

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32,

Ca = 40, Fe = 56, Cu = 64

気体定数： $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

$\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$, $\log_{10} 7 = 0.85$

1 I, IIに答えよ。

I 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

大気圧のもとで液体を加熱すると、温度が上昇するにつれて **(ア)** は高くなる。**(ア)** が大気圧に等しくなると、液体の表面に加えて内部からも気体が発生するようになる。この現象は沸騰と呼ばれ、沸騰の起こる温度が沸点である。

純物質は、温度と圧力で状態が決まる。物質が、さまざまな温度と圧力のもとでどのような状態をとるかを示した図を **(イ)** と呼ぶ。図1に水の **(イ)** を示す。図1において、点Aは、**(ウ)** と呼ばれ、温度および圧力がそれぞれ 0.01°C および $6.078 \times 10^2 \text{ Pa}$ であり、固体・液体・気体が混在する平衡状態となる。

一方、水を入れた密閉容器を 50°C で保ちしばらく時間が経過すると、単位時間あたりに蒸発する水分子の数と **(エ)** する水分子の数が等しくなり、見かけ上、蒸発も **(エ)** も起こっていない状態となる。

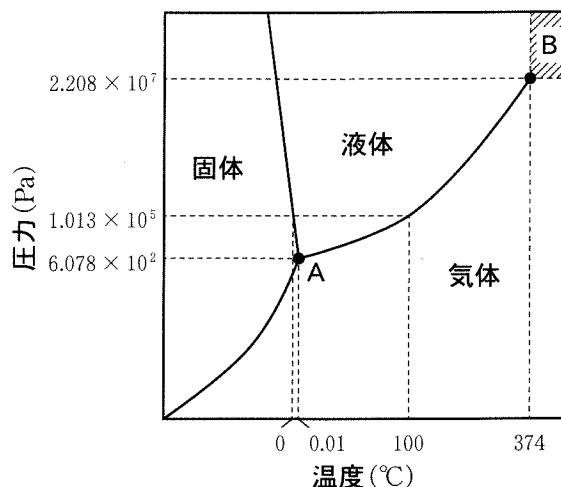


図 1

問 1 空欄 (ア) ~ (エ) に入る適切な語句を答えよ。

問 2 図 1 において、温度が 374 °C、圧力が 2.208×10^7 Pa 以上の状態 B (図中斜線の領域) になると、気体とも液体とも区別がつかない状態となる。特に、二酸化炭素では、室温に近い 31.1 °C でこの状態が得られることから、半導体基板の洗浄、クロマトグラフィーの移動相、あるいはコーヒー豆からカフェインの抽出などのために利用されている。この状態の名称を答えよ。

問 3 図 1 に関する (あ) ~ (お) の記述から正しいものを すべて 選び、記号で答えよ。

- (あ) 水の沸点は、圧力の増加とともに降下する。
- (い) 水の融点は、圧力の増加とともに上昇する。
- (う) 圧力 1.013×10^5 Pa では、水(固体)は 0 °C で融解し、水(液体)は 100 °C で沸騰する。
- (え) 圧力が 6.078×10^2 Pa よりも低い場合、水(固体)は液体の状態を経ることなく、直接気体に変化する。
- (お) 水の融解曲線は負の傾きを示す。これは多くの他の純物質の融解曲線とは異なる。

問 4 圧力 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、水 100 g に尿素 $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ を 0.60 g 溶解させたとき、沸点が $x[\text{K}]$ 上昇した。圧力 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、水 1000 g に 5.68 g の硫酸ナトリウムを溶解させたときの沸点上昇度 $\Delta t[\text{K}]$ を x を用いて答えよ。ただし、硫酸ナトリウムは水中で完全に電離しているものとする。

問 5 周期表第二周期の水素化物 (CH_4 , NH_3 , H_2O , HF) に関して、沸点の低いものから順に並べた。正しいものを (か) ~ (そ) の中から一つ選び、記号で答えよ。

(か) $\text{HF} < \text{NH}_3 < \text{CH}_4 < \text{H}_2\text{O}$

(き) $\text{HF} < \text{H}_2\text{O} < \text{NH}_3 < \text{CH}_4$

(く) $\text{H}_2\text{O} < \text{HF} < \text{NH}_3 < \text{CH}_4$

(け) $\text{CH}_4 < \text{NH}_3 < \text{H}_2\text{O} < \text{HF}$

(こ) $\text{CH}_4 < \text{NH}_3 < \text{HF} < \text{H}_2\text{O}$

(さ) $\text{CH}_4 < \text{H}_2\text{O} < \text{NH}_3 < \text{HF}$

(し) $\text{NH}_3 < \text{CH}_4 < \text{H}_2\text{O} < \text{HF}$

(す) $\text{HF} < \text{CH}_4 < \text{H}_2\text{O} < \text{NH}_3$

(せ) $\text{NH}_3 < \text{CH}_4 < \text{HF} < \text{H}_2\text{O}$

(そ) $\text{NH}_3 < \text{HF} < \text{H}_2\text{O} < \text{CH}_4$

問 6 以下の分子の中から極性分子をすべて選び、解答欄に分子式で記せ。

二酸化炭素，ヨウ素，硫化水素，四塩化炭素，

ベンゼン，エタン，アセトン

Ⅱ 問 1，問 2 に答えよ。

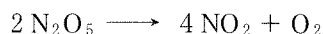
問 1 次の文章を読み，(1)～(4)に答えよ。

0.14 mol/L の酢酸水溶液 15 mL を 0.070 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定した。滴下開始直後は pH の変化がやや大きくなった。その後，中和点付近までは滴下量を増やしても pH の変化は小さかった。これは，⁽ⁱ⁾ 酢酸と酢酸ナトリウムの両方が含まれた水溶液に OH^- を少量滴下し
⁽ⁱⁱ⁾ ても，水溶液中の OH^- の濃度はほとんど増加しないためである。このような溶液を (オ) という。酢酸に対して十分な量の酢酸ナトリウムが含まれている場合には，酢酸イオン濃度が高いため，酢酸はほとんど電離していないと考えることができる。

- (1) 下線部(i)について，完全に中和するために必要な水酸化ナトリウム水溶液の体積[mL]を有効数字 2 桁で答えよ。
- (2) 下線部(ii)を表す適切な反応式を OH^- を用いて答えよ。
- (3) 空欄 (オ) にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (4) 水酸化ナトリウム水溶液を 20 mL 滴下したときの混合水溶液の pH を計算し，小数第一位まで答えよ。酢酸の電離定数は $2.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。

問 2 次の文章を読み、(1)～(3)に答えよ。ただし、気体は理想気体として扱えるものとする。

2.7 L の密閉容器に五酸化二窒素(N_2O_5)を 1.20 mol 入れ、45 °C で一定に保ったところ、次の化学反応式で表される N_2O_5 の分解反応が起こった。



反応開始から 190 秒後に容器内の圧力を確認したところ、190 秒後の圧力(P)と反応開始時の圧力(P_0)の差($\Delta P = P - P_0$)は $1.59 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。この圧力の増加は、 N_2O_5 の分解反応により容器内の物質質量が増えたためである。

(1) 反応開始から 190 秒の間に反応した N_2O_5 の物質質量[mol]を有効数字 2 桁で答えよ。

(2) 反応開始から 190 秒の間の N_2O_5 の分解の平均の反応速度を有効数字 2 桁で答えよ。単位も答えよ。

(3) 次の(た)～(て)の記述から正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

(た) 同一体積の容器内に N_2O_5 を 1.20 mol 入れ、55 °C で一定に保ったところ、 ΔP が $1.59 \times 10^5 \text{ Pa}$ となるまでに 190 秒より長い時間を要した。

(ち) 触媒を加えたところ、遷移状態になるために必要な最小のエネルギーが大きくなり、反応速度が大きくなった。

(つ) より体積の小さい容器に N_2O_5 を 1.20 mol 入れ、45 °C で一定に保ったところ、190 秒より短い時間で ΔP が $1.59 \times 10^5 \text{ Pa}$ に達した。

(て) 同一体積の容器内に N_2O_5 と He をそれぞれ 0.60 mol 入れ、45 °C で一定に保ったところ、 ΔP が $1.59 \times 10^5 \text{ Pa}$ に達するまでの時間は同じであった。

2

I, IIに答えよ。

I 問1～問4に答えよ。

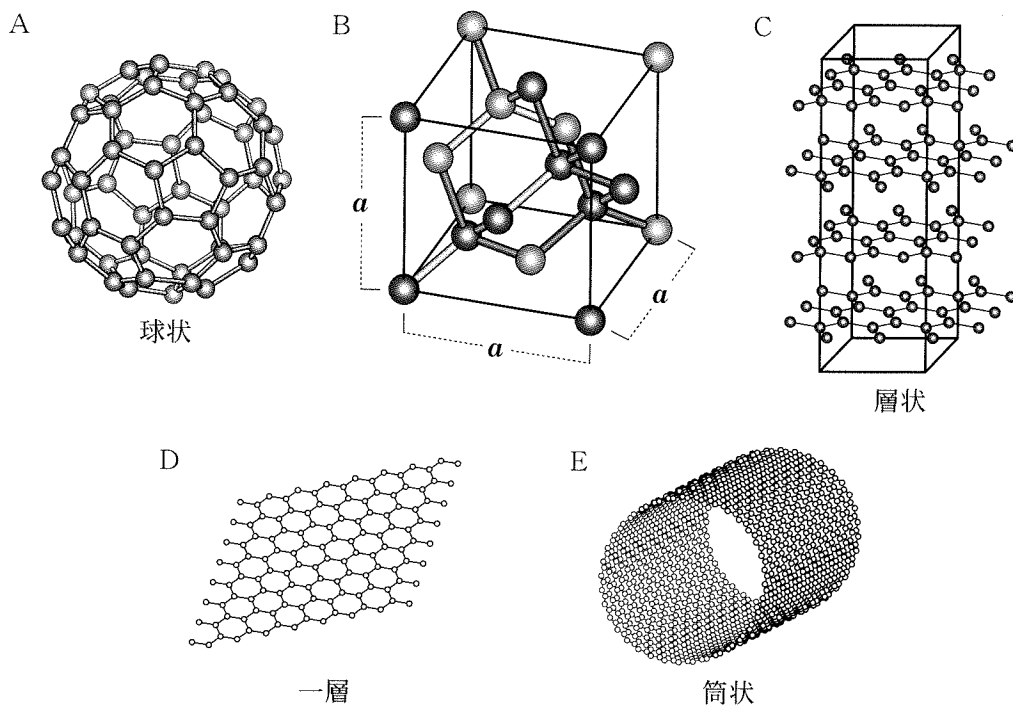


図1

問1 図1に示した炭素の異なる同素体の構造を参照し、(1)、(2)に答えよ。

- (1) A～Eのもっとも適当な物質名を答えよ。
- (2) 絶縁体のものをA～Eからすべて選び記号で答えよ。

問2 図1に示したBの構造について、(1)～(3)に答えよ。

- (1) 炭素の原子半径 r は格子定数 a の何倍か、有効数字2桁で答えよ。
ただし、結晶中の原子を球と仮定し、原子は互いに接しているものとする。
- (2) この単位格子中に含まれる原子の数を答えよ。
- (3) Bの密度 $d(\text{g/cm}^3)$ を、アボガドロ数 N_A および格子定数 $a(\text{cm})$ を使って答えよ。

問 3 次の文章を読み、空欄 ア にあてはまる適切な語句を答えよ。

炭素物質には、構成粒子が規則性をもたずに配列している固体が存在する。このような物質を ア 炭素という。

問 4 共有結合の結晶を、次の中からすべて選び、その化学式を答えよ。

アルゴン，ケイ素，ナトリウム，氷，水銀，ドライアイス，

塩化リチウム，二酸化ケイ素

Ⅱ 次の文章を読み、問 1 ～問 4 に答えよ。

銅は黄銅鉱(主成分は CuFeS_2)などの鉱物として産出される。黄銅鉱を製錬すると純度約 99 % の粗銅が得られ、この粗銅をさらに電解精錬すると純度 99.99 % 以上の純銅が得られる。⁽ⁱ⁾銅の単体は赤色光沢をもつ金属であり、湿った空気中では表面が酸化されて緑青と呼ばれるさびを生じる。銅は塩酸や希硫酸には溶けないが、酸化力の強い濃硝酸には溶ける。硫酸銅(Ⅱ)五水和物を水に溶かし、この水溶液にアンモニア水を少量加えると青白色の沈殿が生じ、この沈殿に過剰のアンモニア水を加えると沈殿が錯イオンとして溶けて深青色の水溶液になる。⁽ⁱⁱ⁾⁽ⁱⁱⁱ⁾

問 1 下線部(i)の操作では、陰極に純銅板、陽極に粗銅板、電解液に硫酸銅(Ⅱ)の硫酸酸性水溶液を用いて電気分解を行う。次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 陰極で起こる反応を、 e^- を含む反応式で答えよ。
- (2) 1.50 A の電流で、7720 秒間電気分解した。析出する純銅の質量(g)を有効数字 2 桁で答えよ。
- (3) 粗銅板からはがれ落ちた陽極泥に含まれる可能性がある金属として適切なものを、(あ)～(お)からすべて選び、記号で答えよ。
(あ) Zn (い) Ag (う) Ni (え) Au (お) Fe

問 2 下線部(ii)に関して、この化学反応式を答えよ。

問 3 銅に関する次の(か)～(こ)の記述から、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (か) 炎色反応では黄緑色を示す。
- (き) フェーリング液にアルデヒドを加えて加熱すると、赤色の CuO が沈殿する。
- (く) 銅とスズの合金で黄色光沢を示す黄銅は、さびにくく硬く、硬貨や楽器に用いられている。
- (け) 硫酸銅(Ⅱ)五水和物を加熱して脱水すると、段階的に水和水を失い、白色の無水塩になる。
- (こ) 融点はアルミニウムより高く、亜鉛より低い。

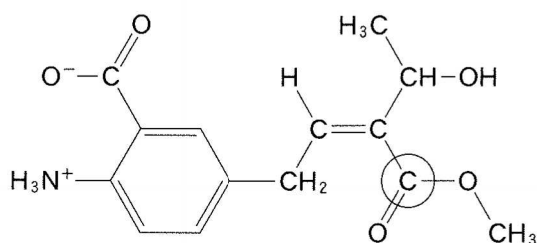
問 4 下線部(Ⅲ)に関して、次の(1)，(2)に答えよ。ただし、錯イオンにおける水分子の配位は考えないものとする。

- (1) 生じる沈殿と錯イオンの化学式を、それぞれ答えよ。
- (2) 錯イオンの立体構造を(さ)～(そ)から選び、記号で答えよ。
 - (さ) 直線形 (し) 正方形 (す) 正四面体形
 - (せ) 正八面体形 (そ) 正四角錐形

3

I, IIに答えよ。構造式の記入、ならびに炭素原子の○印表記が求められた場合は、下記の記入例にならって答えよ。なお、他の炭素原子にまたがるような○印の囲み方は不正解とする。

(記入例)



○印の記載例

I 問1, 問2に答えよ。

問1 次の文章を読み, (1)~(3)に答えよ。

- 化合物Aは炭素と水素と酸素からなる分子量226の化合物である。Aを452mg完全燃焼すると, 二酸化炭素1056mg, 水324mgを与えた。
- 900mgのAを, 0.1mol/L水酸化ナトリウム水溶液を用いて加水分解した。このとき, この反応を完結させるために79mLの水酸化ナトリウム水溶液が必要であり, 反応完結後に化合物B, C, Dが生成した。
- B, C, Dを酢酸エチルに加え, さらに飽和NaHCO₃水溶液を加え, 振り混ぜた。静置後, 混合液は有機層と水層に分かれ, B, Cは有機層に含まれ, Dは水層に含まれた。この水層を取り出し, 希塩酸で酸性にしたところ化合物Eを与えた。
- Bは一分子内に炭素原子4個, 水素原子10個をもち, 金属ナトリウムと反応して水素を発生した。また, Bにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ, 黄色の沈殿を与えた。

5. C は一分子内に炭素原子 4 個、水素原子 8 個をもち、不斉炭素原子を二つ有する。また、金属ナトリウムと反応して水素を発生した。
6. E には対応する幾何異性体、化合物 F が存在する。E を加熱したところ、反応前と比べて分子量が 18 減少した化合物 G に変化した。⁽ⁱ⁾しかし、下線部(i)と同条件で F を加熱しても反応しなかった。

(1) A の組成式、分子式をそれぞれ $C_pH_qO_r$ の形式で答えよ。ただし p, q, r は自然数であり、数字の 1 は省略してよい。

(2) B, C の構造式を示せ。該当する化合物が不斉炭素原子を有する場合は、問題冒頭の構造式の例にならって不斉炭素原子を○印で囲め。不斉炭素原子が複数ある場合は、それぞれ別々に○印で囲め。

(3) E の特徴について、(あ)～(か)の記述から正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) 分子を構成する炭素は、ほぼ同一平面上にある。
- (い) F と比べ、下線部(i)の反応に関与する官能基同士が分子内により近傍に存在する。
- (う) 分子内で水素結合を形成し、F より融点が高い。
- (え) 電荷の偏りが小さく、F よりも水に溶けにくい。
- (お) E から得られた G は、ヘミアセタール構造を有する。
- (か) 臭素と反応した場合、不斉炭素を有する化合物を与える。

問 2 次の(1)～(6)の文章を読み、空欄 (ア) ～ (コ) に当てはまるもっとも適切な語句を、(き)～(ね)から選び、記号で答えよ。なお、同一の記号を複数回選択してもよい。

- (1) アンモニア性硝酸銀水溶液に (ア) 基を有する化合物を加え穏やかに加熱すると、析出した銀が容器の内壁に付着して鏡のようになる。
- (2) 油脂をけん化したところ、(イ) 基を有する (ウ) と、(エ) 基を有する化合物の塩が、それぞれ生じた。
- (3) あるタンパク質水溶液に濃硝酸を加え加熱したところ黄色を呈し、引き続きアンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色になった。このとき、元のタンパク質には (オ) を含むアミノ酸が含まれていたと判断できる。
- (4) ベンジルアルコールは KMnO_4 水溶液と反応し、(カ) 基を有する化合物を経由して、(キ) 基を有する化合物に変換される。
- (5) ニトロベンゼンにスズと塩酸を加え還元すると (ク) が得られた。(ケ) に塩酸を加え、冷却下、 NaNO_2 水溶液と混合し生成した化合物をナトリウムフェノキシド水溶液と反応させると赤橙色の化合物が生成した。この赤橙色の化合物は二つの芳香環の間に (ケ) 基を有する。
- (6) 硝酸と硫酸を混合した混酸を用いて、ニトロベンゼンにさらにニトロ基を導入したジニトロベンゼンを合成した。このとき、元のニトロ基に対して (コ) 位の炭素にニトロ基が導入される反応が優先する。

- | | | |
|------------|------------|-------------|
| (き) アニリン | (く) オルト | (け) カルボキシ |
| (こ) ホルミル | (さ) ヒドロキシ | (し) エーテル |
| (す) グリセロール | (せ) プロパノール | (そ) 硫 黄 |
| (た) ア ゾ | (ち) エタノール | (つ) トルエン |
| (て) クメン | (と) パ ラ | (な) オルト, パラ |
| (に) メ タ | (ぬ) ケトン | (ね) 芳香環 |

Ⅱ 次の解説と問題文を読み、問 1 ～問 6 に答えよ。

〔解説〕 偏光の偏光面を回転させる性質を旋光性という。互いに鏡像異性体の関係にある分子の片方に偏光を通した際に、偏光面が観測者から見て右側に回転する場合、もう片方の鏡像異性体に偏光を通した際は偏光面が観測者から見て左側に回転する。この際、異性体の濃度が同じであれば、回転する角度も同じになる。

高分子化合物において、図 1 のように、構成単位が繰り返し結合した長い骨格を主鎖と呼び、主鎖から枝分かれした骨格を側鎖と呼ぶ。

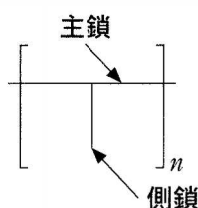


図 1

〔問題文〕 デンプンは、アミロースとアミロペクチンから構成される。アミロペクチンは、アミロースにはない (サ) 結合をもつことが特徴である。アミロースに、アミラーゼという酵素を作用させると、(シ) と呼ばれる二糖が生じる。

得られた (シ) に、ある発酵法を適用したところ、分子式が $C_3H_6O_3$ であり、不斉炭素原子を含み、旋光性を示すヒドロキシ酸 H が生成した。さらに H を原料として、低分子量の重合体を経由して、環状構造を有する化合物 J を得た。得られた J を (ス) 重合することにより、生分解性プラスチックとして利用される高分子化合物 K を得た。高分子化合物 K やポリエチレンなどの物質は、(セ) を変えることにより、可逆的に軟化させたり硬化させたりすることができる性質をもつ。この性質を利用して、金型を用いた成形法などの手法により、様々な形に成形することができる。

次に、同じ二糖に別の発酵法を適用したところ、同じく分子式が $C_3H_6O_3$ であり、不斉炭素原子を含むが、旋光性を示さないヒドロキシ酸が生成した。このヒドロキシ酸を原料として、下線部(ii)と同様の手法を用いて高分子化合物 L を合成した。L は分子量が K とほぼ同じであったが、K とは異なる性質を示した。

この性質の違いは以下のように説明できる。高分子化合物の固体には、互いに分子の配列が異なる 領域と、 領域が含まれる。同じ種類の高分子化合物であっても、加工の条件により、これらの領域の割合が変わる。 領域が多い高分子化合物は、密度が大きく、かたい。上で合成されたⅡは、下線部(iii)に着目すると、側鎖が高分子の主鎖に対して に並んでおり、Kと比較して、立体規則性が ため、 領域の割合が 。これが、二つの高分子化合物の性質が異なる原因の一つとなる。したがって、望みの性質をもつ高分子化合物を合成するためには、分子構造の制御が重要となる。

問 1 空欄 ~ にあてはまる語句を答えよ。ただし、空欄 , , は3文字以内で答えよ。

問 2 化合物Jの構造式を示せ。ただし、立体異性体の構造は示さなくてよい。

問 3 酵素はポリペプチドの一種であり、生物の様々な合成・分解反応等において重要な役割を果たしている。酵素についての次の(あ)~(か)の記述から、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

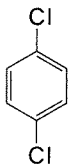
- (あ) 酵素は、反応の活性化エネルギーを上昇させる。
- (い) 酵素は、反応の種類が同じであっても、特定の基質にだけ作用する。
- (う) 酵素の高次構造には、水素結合により安定化されたポリペプチドの α -ヘリックス(らせん状構造)と β -シート(ひだ状構造)が含まれる。
- (え) 酵素の反応速度は、酵素ごとに異なるある温度において最も大きくなり、それより高温または低温の条件では、反応速度が小さくなる。
- (お) 酵素の反応速度は、溶液が凍結しない限り、低温の方が大きくなる。
- (か) 酵素は基質特異性を有しており、基質とよく似た構造の物質が、酵素の活性部位に結合した場合でも、酵素反応が阻害されることはない。

問 4 空欄 (チ) , (ツ) , (テ) に当てはまる語句の組み合わせとしてもっとも適切なものを、次の(き)～(せ)から選び、記号で答えよ。

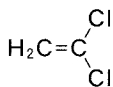
	(チ)	(ツ)	(テ)
(き)	同じ側	高 い	高 い
(く)	同じ側	高 い	低 い
(け)	同じ側	低 い	高 い
(こ)	同じ側	低 い	低 い
(さ)	不規則	高 い	高 い
(し)	不規則	高 い	低 い
(す)	不規則	低 い	高 い
(せ)	不規則	低 い	低 い

問 5 次に示す化合物群(そ)～(ね)の中で、付加重合により高分子化合物を合成するための単独で用いる単量体として、適するものをすべて選び、記号で答えよ。

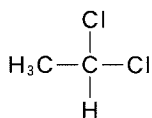
(そ)



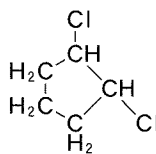
(た)



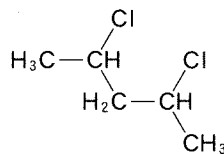
(ち)



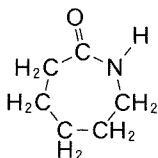
(つ)



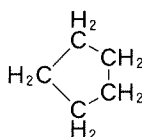
(て)



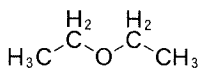
(と)



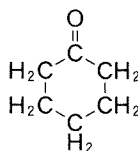
(な)



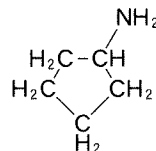
(に)



(ぬ)

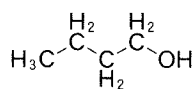


(ね)

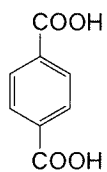


問 6 次に示す化合物群(の)～(や)の中で、二種類の単量体を組み合わせて高分子化合物を合成するために、もっとも適した二種類の単量体の組み合わせを二組選び、記号で答えよ。

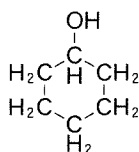
(の)



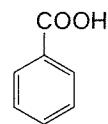
(は)



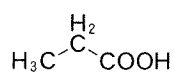
(ひ)



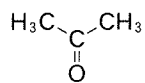
(ふ)



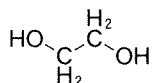
(へ)



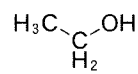
(ほ)



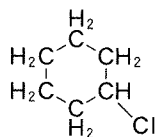
(ま)



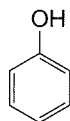
(み)



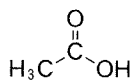
(む)



(め)



(も)



(や)



