

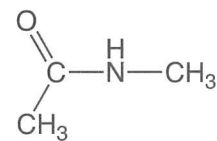
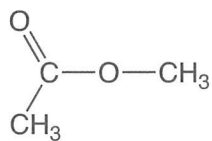
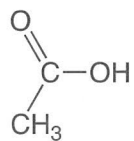
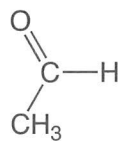
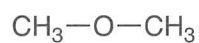
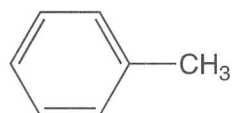
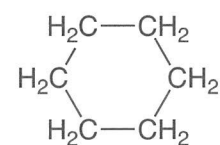
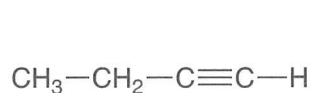
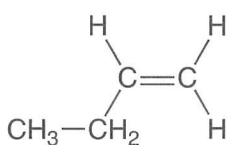
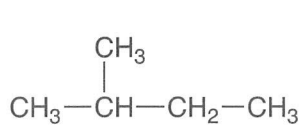
解答上の注意

- 必要に応じて，以下の値を使いなさい。

原子量： H = 1, C = 12, O = 16

$\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$

- 計算結果は，四捨五入して，指定された桁で答えなさい。
- マス目に文章を記述するときは，英字，数字，記号，句読点も，それぞれ 1 マスを用いて書きなさい。
- 構造式は下図の例にならって記入しなさい。



1. 次の文章を読み、問に答えなさい。

原子は、中心にある原子核とそのまわりに存在する電子により構成されている。原子核は [ア] と [イ] からなる。[ア] の数は元素によってすべて異なり、原子がもつ [ア] の数を [ウ] という。また、[ア] と [イ] の数の和を [エ] という。元素によっては、[イ] の数が異なる原子が複数存在するものがある。これらの原子どうしを互いに [オ] という。原子や①単原子イオンの大きさは、主に原子核中の [ア] の数と電子配置により決まる。

元素の周期表は、元素を [ウ] の順に、周期律に従って並べたものである。周期表の (1)(2) ~ (3)(4) 族の元素を遷移元素、それ以外を典型元素という。②典型元素では、周期表の同じ族に属する元素（同族元素）の化学的性質はよく似ている。遷移元素では、同一周期の隣り合う元素どうしの化学的性質が似ていることが多い。

原子から電子を1個取り去って、1価の陽イオンにするのに必要なエネルギーを [カ] という。また、原子が電子1個を取り込んで、1価の陰イオンになるときに放出されるエネルギーを [キ] という。これらのエネルギーを [ウ] の順に並べると、周期性があることが分かる。

陽イオンと陰イオンが [ク] 力により結びついてできたイオン結晶では、陽イオンと陰イオンが交互に規則正しく配列している。臭化カリウムのイオン結晶における、カリウムイオンと臭化物イオンの配位数は、ともに6である。この結晶の単位格子に含まれるカリウムイオン、臭化物イオンの数は、それぞれ (5) 個、(6) 個である。③ハロゲン化カリウムのイオン結晶は、ハロゲン化物イオンのイオン半径が小さいものほど融点が [A] くなる。

問1 [ア] ~ [ク] にあてはまる適切な語を解答用紙に書きなさい。

問2 (1) ~ (6) に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。

問3 下線部①に関して、 F^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} はすべて Ne と同じ電子配置をとるが、[ア] の数が異なるため、イオン半径が異なっている。これらのイオンのうち、イオン半径の最も大きいもののイオン式を解答用紙に書きなさい。また、そのイオンのイオン半径がこれらのなかで最も大きい理由を30字以上50字以内で解答用紙に書きなさい。

問4 下線部②の理由を、「同族元素」で始まる25字以内の文で解答用紙に書きなさい。

問5 下記の元素のなかで、が最も大きいものはであり、が最も大きいものはである。, に入る適切な元素を下記から選び、その番号をマークシートにマークしなさい。ただし、同じ番号を複数回使用してもよい。

- | | | | |
|------|------|------|------|
| 1 Al | 2 Ar | 3 Cl | 4 Mg |
| 5 Na | 6 P | 7 S | 8 Si |

問6 にあてはまる適切な語を漢字1字で解答用紙に書きなさい。また、下線部③の理由を、下記の3つの語を用いて70字以内で解答用紙に書きなさい。

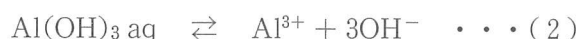
【イオン半径, カリウムイオン, ハロゲン化物イオン】

《 下書き用 》

				5					10					15					20

2. 次の文章を読み、問に答えなさい。

アルミニウムイオン (Al^{3+}) を含む溶液にアンモニア水または少量の水酸化ナトリウムなどの塩基を加えると、白色ゲル状沈殿が生成し、水酸化アルミニウム [$\text{Al}(\text{OH})_3$] の飽和水溶液となる。このとき、沈殿した水酸化アルミニウム [$\text{Al}(\text{OH})_3(\text{固})$] はわずかに水に溶解した水酸化アルミニウム [$\text{Al}(\text{OH})_3(\text{aq})$] と(1)式の平衡にある。また、 $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{aq})$ は、(2)式の電離平衡の状態になっている。 $\text{Al}(\text{OH})_3$ の飽和水溶液中における $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{aq})$ の濃度が pH に依存せず一定とすると、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ の溶解度積 $K_1 = \boxed{\text{A}}$ ($\text{mol/L})^4$ は一定の値となる。 $\text{Al}(\text{OH})_3$ の飽和水溶液に水酸化ナトリウムを加えると、(1)式および(2)式の平衡は左方向に移動し、 $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{固})$ がさらに生成する。このような現象を $\boxed{\text{ア}}$ 効果という。



$\text{Al}(\text{OH})_3$ の飽和水溶液に過剰のアンモニア水を加えても $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{固})$ は溶けないが、過剰の水酸化ナトリウムを加えて強アルカリ性になると $\boxed{\text{B}}$ を生成し溶解する。 $\boxed{\text{B}}$ のように、 $\boxed{\text{イ}}$ をもつ分子や陰イオンが金属イオンに配位結合したイオンを $\boxed{\text{ウ}}$ という。 $\text{Al}(\text{OH})_3$ の飽和水溶液において、(1)式および下記の(3)式の平衡が成立し、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ の飽和水溶液中における $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{aq})$ の濃度が pH に依存せず一定とすると、 $\boxed{\text{B}}$ と $\boxed{\text{C}}$ の濃度の積 K_2 は一定の値となる。過剰の水酸化ナトリウムを加えると、(1)式および(3)式の平衡は右方向に移動し、 $\boxed{\text{B}}$ が生成し $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{固})$ は溶解する。



温度一定の条件下、① さまざまな pH における $\text{Al}(\text{OH})_3$ の飽和水溶液 を調製した。これらの水溶液に溶解している $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{aq})$, Al^{3+} , $\boxed{\text{B}}$ のモル濃度を $[\text{Al}(\text{OH})_3(\text{aq})]$, $[\text{Al}^{3+}]$, $[\boxed{\text{B}}]$ とし、その和を S としたとき、水溶液の pH と $\log_{10} S$ の関係を表す図1のグラフが得られた。

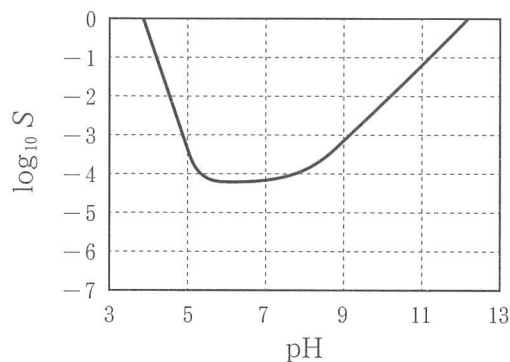


図1

なお、本問では $\text{Al}(\text{OH})_3$ (固), $\text{Al}(\text{OH})_3$ aq, Al^{3+} , OH^- , \square B \square , \square C \square , H_2O のみを考慮し、アルミニウムイオンへの水和、また共存するその他のイオン、物質の影響はないものとする。また、温度は一定、水のイオン積は 1.0×10^{-14} (mol/L)² とし、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ の飽和水溶液中における $\text{Al}(\text{OH})_3$ aq の濃度は pH に依存せず一定とする。

問 1 \square ア \square ~ \square ウ \square にあてはまる適切な語を解答用紙に書きなさい。

問 2 \square A \square にあてはまる適切な式を解答用紙に書きなさい。なお、 Al^{3+} , OH^- のモル濃度は、 $[\text{Al}^{3+}]$, $[\text{OH}^-]$ と表記することとする。

問 3 \square B \square , \square C \square にあてはまる適切なイオンのイオン式を解答用紙に書きなさい。

問 4 Al^{3+} と同様に、少量の水酸化ナトリウムを加えると白色の沈殿を形成し、過剰の水酸化ナトリウムを加えると \square ウ \square を形成し水に溶解する金属イオンを、下記から 2 つ選び、その番号を解答用紙に書きなさい。

1 Ag^+ 2 Cu^{2+} 3 Fe^{3+} 4 Pb^{2+} 5 Zn^{2+}

問 5 下線部①の水溶液において、pH が 11 のとき \square B \square のモル濃度 $[\square$ B $\square]$ は、 \square (9) \square . \square (10) $\square \times 10^{-\square$ (11) \square \square (12) \square mol/L であった。この値から $\log_{10} [\square$ B $\square]$ を求めると -1.22 であった。このとき、 \square B \square と \square C \square の濃度の積 K_2 は \square (13) \square . \square (14) $\square \times 10^{-\square$ (15) \square \square (16) \square (mol/L)² であった。 \square (9) \square ~ \square (16) \square に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、 \square (9) \square , \square (13) \square に入る数字は 0 ではない。

問 6 pH を X, $\log_{10} [\square$ B $\square]$ を Y とする。 \square B \square と \square C \square の濃度の積 K_2 が問 5 より導き出される値であるとき、Y を X の式で表し、解答用紙に書きなさい。なお、定数項は小数点以下 2 桁で表しなさい。

問 7 下線部①の水溶液において、pH を X, $\log_{10} [\text{Al}^{3+}]$ を Z とする。 $\text{Al}(\text{OH})_3$ の溶解度積 K_1 が 4.0×10^{-31} (mol/L)⁴ であるとき、Z を X の式で表し、解答用紙に書きなさい。なお、定数項は小数点以下 2 桁で表しなさい。

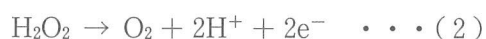
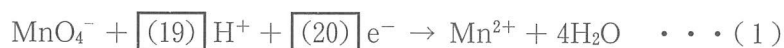
問8 すべての pH において一定量の $\text{Al}(\text{OH})_3$ を用いて、下線部①の飽和水溶液を調製した。このとき、 K_1 が問7に示す値、 K_2 が問5で求められる値とすると、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ (固) の量が理論上最大となる pH の値は $\boxed{(17). (18)}$ である。 $\boxed{(17)}$ 、 $\boxed{(18)}$ に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。

3. 次の文章を読み、間に答えなさい。

〔 I 〕

一般に、物質が電子を受け取ったとき、その物質は還元されたといい、物質が電子を失ったとき、その物質は酸化されたという。還元されやすい物質は酸化剤になり、酸化されやすい物質は還元剤になる。

過マンガン酸カリウム (KMnO_4) は代表的な酸化剤の一つである。①硫酸 (H_2SO_4) を加え酸性にした KMnO_4 水溶液に過酸化水素 (H_2O_2) の水溶液を加えると、(1)式のように MnO_4^- が電子を受け取り、(2)式のように H_2O_2 が電子を失い②酸素 (O_2) が発生する。



(1)式と(2)式を用いることにより、硫酸酸性における KMnO_4 と H_2O_2 との酸化還元反応として、(3)式が得られる。



O_2 の ア であるオゾン (O_3) も、酸化剤としてはたらく。(4)式に示すように、 O_3 をヨウ化カリウム (KI) 水溶液に通じるとヨウ素 (I_2) を生じる。



二酸化硫黄 (SO_2) は(5)式のように還元剤としてはたらく。この反応にともない硫黄原子の酸化数は + (21) から + (22) に変化する。一方、硫化水素 (H_2S) のような強い還元剤に対しては、 SO_2 は(6)式のように酸化剤としてはたらく。



問1 (19) ~ (22) に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、係数が1の場合は1にマークしなさい。

問2 ～ に入る式を解答用紙に書きなさい。

問3 にあてはまる適切な語を解答用紙に書きなさい。

問4 下線部①について、(3)式の反応が進行するに伴って水溶液の 色が消えていく。
 に入る適切な色を下記から選び、その番号をマークシートにマークしなさい。

- | | | |
|------|------|-----|
| 1 青紫 | 2 赤紫 | 3 褐 |
| 4 黄 | 5 赤橙 | 6 緑 |

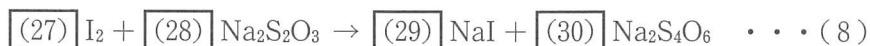
問5 下線部②について、 O_2 は(3)式の化学反応だけでなく、電気分解によっても発生させることができる。白金を電極に用いて、硝酸銀水溶液に 0.60 A の電流を 10 分間流して電気分解したとき、理論上、標準状態で $\times 10^{-\text{(26)}}$ L の酸素を得ることができる。 ～ に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、 に入る数値は 0 ではない。なお、標準状態における気体 1 mol の体積は 22.4 L、ファラデー定数は 9.65×10^4 C/mol とする。

〔Ⅱ〕

濃度不明の塩素 (Cl_2) 水溶液 X の Cl_2 の濃度を、酸化還元滴定によって決定した。まず水溶液 X (30 mL) に過剰量の KI を加え、(7)式のように I_2 を生成させた。



この水溶液に物質 Y を少量添加し、③ 0.10 mol/L のチオ硫酸ナトリウム ($Na_2S_2O_3$) 水溶液を用いて滴定した。この時、(8)式の反応が起こり、④ I_2 と過不足なく反応させるのに、 $Na_2S_2O_3$ 水溶液が 20 mL 必要であった。



これらの結果から、水溶液 X の Cl_2 濃度は $\times 10^{-\text{(33)}}$ mol/L であるとわかった。

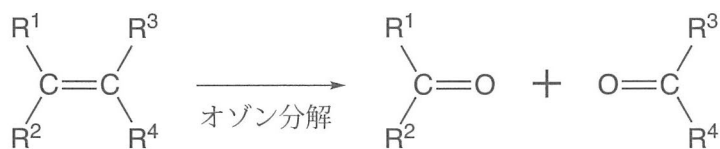
- 問 6 下線部③の滴定実験において、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液を滴下するために用いるガラス器具の名称を解答用紙に書きなさい。
- 問 7 物質 Y は下線部④の滴定の終点を判定するために加えた物質である。この滴定の終点をどのように判定すればよいか。物質 Y の名称を含めて、40 字以内で解答用紙に書きなさい。
- 問 8 (27) ～ (30) に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、係数が 1 の場合は 1 にマークしなさい。
- 問 9 (31) ～ (33) に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、(31) に入る数値は 0 ではない。なお、本実験において(7)式と(8)式以外の反応は起こらないこととする。

4. 次の文章を読み、問に答えなさい。なお、本問においては不斉炭素原子の存在によって生じる立体異性体は区別しない。また、ヒドロキシ基が炭素-炭素二重結合を構成する炭素原子に直接結合した構造は考慮しない。

化合物 A, B, C, D, E はいずれも、水素原子、炭素原子、酸素原子のみから構成され、互いに異性体の関係にある。これらの化合物の分子量は 200 以下であり、その構造中にベンゼン環を 1 個、炭素-炭素二重結合を 1 個含む。化合物 A は不斉炭素原子を 1 個含む、化合物 B, C, D, E は不斉炭素原子を含まない。

化合物 A, B, C, D, E の性質を調べたところ、以下に示す (1) ~ (9) の結果が得られた。

- (1) 335 mg の化合物 A を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 990 mg と水 225 mg が生じた。
- (2) 金属ナトリウムとの反応を調べたところ、化合物 A, B, C, D に作用させたときには気体が発生したが、化合物 E は反応しなかった。
- (3) 塩化鉄 (III) 水溶液を作用させたところ、化合物 C, D が呈色反応を示し、化合物 A, B, E は示さなかった。
- (4) 化合物 B, C, D を適切な酸化剤を用いて酸化したところ、ベンゼン環に炭素原子で結合した置換基のみがカルボキシ基へと酸化され、それぞれ化合物 F, G, H が得られた。
- (5) 化合物 F を加熱したところ、化合物 F よりも分子量が 18 減少した化合物 I が得られた。化合物 G, H をメタノールに溶かし少量の濃硫酸を作用させると、それぞれ分子量が 14 および 28 増加した化合物 J, K が得られた。化合物 J は強い芳香をもち消炎鎮痛剤として用いられる。
- (6) 化合物 C をオゾン分解して得られる 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したところ、いずれも①沈殿が生成した。なお、オゾン分解の反応例を図 1 に示す。



R¹ ~ R⁴ は水素原子あるいは炭化水素基

図 1

- (7) 化合物 C に対して塩素を作用させたところ、1 分子の塩素が付加した化合物 L が得られた。化合物 L は 1 個の不斉炭素原子をその構造中に含んでいた。
- (8) 化合物 K のベンゼン環の水素原子のいずれか 1 個を塩素原子に置き換えた場合、2 種類の異性体が考えられる。また、化合物 K のベンゼン環には互いに隣接する位置に置換基が存在していた。
- (9) 化合物 E に対して適切な②触媒を用いて水素を付加させたところ、1 分子の水素が付加した化合物 M が得られた。化合物 M は 1 個の不斉炭素原子をその構造中に含んでいた。

問 1 化合物 A の分子式を解答用紙に書きなさい。

問 2 下線部①の化学式とその色をそれぞれ解答用紙に書きなさい。

問 3 化合物 I, J の化合物名を解答用紙に書きなさい。

問 4 下線部②にあるように、触媒はさまざまな化学反応において用いられる。触媒とは一般にどのような性質を持った物質か、40 字以内で解答用紙に書きなさい。

問 5 化合物 A, B, C, D, E の構造式を、3 ページにある例にならって解答用紙に書きなさい。

5. 次の文章を読み、問に答えなさい。

グルコースは、分子式 $C_6H_{12}O_6$ で表される①単糖で、結晶中では炭素原子 5 個と酸素原子 1 個が環状につながった六員環構造をとり、1 位のヒドロキシ基の向きによって α -グルコースと β -グルコースの 2 種類の立体異性体が存在する (図 1)。グルコースは水によく溶け、②その水溶液は銀鏡反応を示す。

デンプンは、多数の α -グルコースが脱水縮合し、 結合でつながった高分子化合物で、熱水に溶けやすく直鎖状構造の と、熱水に溶けにくく枝分かれ構造をもつ の混合物である。 は α -グルコースの 1 位と 位のヒドロキシ基どうしの間で脱水縮合し、 は 1 位と 位のヒドロキシ基間に加え、枝分かれ部分では 1 位と 位のヒドロキシ基間で脱水縮合した構造をもつ。ヒトが摂取したデンプンは、だ液などに含まれる やマルターゼにより、分子量がデンプンより小さい やマルトースを経て、グルコースまで加水分解される。生体内でエネルギー源として使われた余りのグルコースは、動物デンプンとも呼ばれる として肝臓や筋肉に蓄えられる。

セルロースは、多数の β -グルコースが 1 位と 位のヒドロキシ基どうしの間で脱水縮合し、 結合でつながった高分子化合物である。③セルロースの分子は、グルコース単位が六員環構造の上下を交互に反転した形でつながった直線状構造をしており、隣接するグルコース単位間でヒドロキシ基が分子内で水素結合を形成している。④この直線状の分子が平行に並び、さらにヒドロキシ基が分子間で水素結合を形成し、強い繊維状物質となる。セルロースは熱水にも溶けないが、⑤水酸化銅 (II) を濃アンモニア水に溶かして得られるシュワイツァー (シュバイツァー) 試薬には溶ける。セルロースはデンプンと異なり、ヒトの消化酵素ではグルコースに加水分解できないため、ヒトではエネルギー源とならない。丈夫な繊維として衣料品や紙製品などに広く利用されている。

セルロースなどの天然高分子を適切な溶媒に溶解した後、再び凝固させて繊維として再生したものを再生繊維という。セルロースをシュワイツァー試薬に溶かし、これを細孔から希硫酸中に押し出し繊維を再生すると、セルロースの再生繊維である が得られる。一方、天然繊維を化学的に処理し、官能基を化学変化させてつくられた繊維を 繊維という。⑥セルロースを無水酢酸と反応させ、すべてのヒドロキシ基をアセチル化すると が生成する。 の一部のアセチル基を加水分解してジアセチルセルロースとし、アセトンに溶解したのち、これを細孔から温かい空气中に押し出しアセトンを蒸発させると、セルロースの 繊維である が得られる。、 を用いた中空状の糸は、血液の人工透析などにも利用されている。

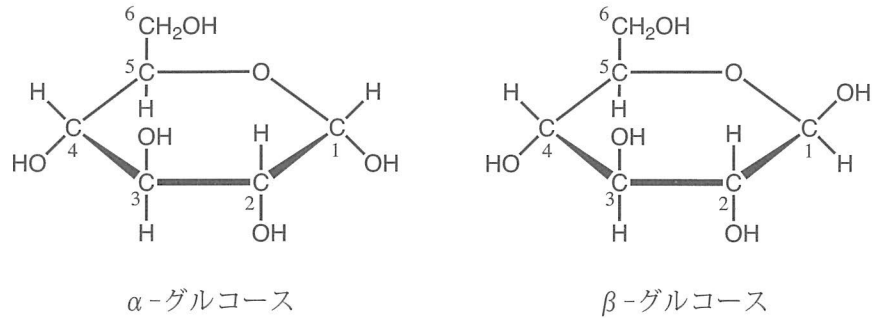


図 1

炭素原子に付した番号は炭素原子およびヒドロキシ基の位置番号を示す。

- 問 1 ~ にあてはまる適切な語を解答用紙に書きなさい。
- 問 2 , に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。なお、位置番号は図 1 に示す番号に従いなさい。
- 問 3 下線部①に関する下記の記述のうち、正しい記述を 2 つ選び、その番号を解答用紙に書きなさい。
- 1 ガラクトースはケトースの一種である。
 - 2 それ以上加水分解されない糖を単糖という。
 - 3 単糖の分子式はすべて $C_6H_{12}O_6$ で表される。
 - 4 転化糖はグルコースとスクロースの等量混合物である。
 - 5 フルクトースはグルコースの構造異性体である。
- 問 4 下線部②について、グルコースの水溶液がこの反応を示す理由を、グルコースの水における構造と状態、グルコースに含まれる官能基の名称、その官能基が示す性質を含め、75 字以内で解答用紙に書きなさい。
- 問 5 下線部③に記述するセルロースの直線状構造において、グルコース単位の 位のヒドロキシ基は、隣接するグルコース単位の六員環を形成する酸素原子と近接し、分子内で水素結合を形成している。 に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。なお、位置番号は図 1 に示す番号に従いなさい。

問6 下線部③および④のように、水素結合は高分子化合物の構造安定性、強度を保つため重要な役割を担っている。水素結合によって安定な構造や強度が保たれている高分子化合物、またはその構造を下記から3つ選び、その番号を解答用紙に書きなさい。

- | | |
|----------------------------|-----------------|
| 1 タンパク質の α -ヘリックス構造 | 2 DNAの二重らせん構造 |
| 3 天然ゴム | 4 トリニトロセルロース |
| 5 ナイロン66 | 6 ポリエチレンテレフタレート |

問7 下線部⑤の試薬には、深青色を呈するイオンが含まれ、このイオンがセルロースのヒドロキシ基と配位結合することによりセルロースは溶解する。この深青色を呈するイオンのイオン式を解答用紙に書きなさい。

問8 下線部⑥の方法で、 $(37).(38)(39) \times 10^{(40)}$ gのセルロースから、理論上 1.23×10^4 gの コ が得られる。 (37) ~ (40) に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、 (37) に入る数値は0ではない。なお、セルロースの分子量は十分に大きいものとする。

問9 問8に示す 1.23×10^4 gの コ を下線部⑥の方法でつくるために必要な無水酢酸を、下記の反応経路でつくる。このとき、理論上、必要なセルロースは (41).(42)(43) $\times 10^{(44)}$ gである。 (41) ~ (44) に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、 (41) に入る数値は0ではない。なお、セルロースの分子量は十分に大きいものとする。

