

化 学

試験時間；12:30～14:10（100分）

配 点；200点

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで、この「問題冊子」の中を見てはいけません。
2. 配付物；（1）「問題冊子」1～26ページ
（2）「解答用紙」2枚
3. 「問題冊子」中、表紙裏と7ページ、13ページ、17ページ、21ページ、22ページは下書き用紙です。
計算用紙として使いなさい。
問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
4. 問題文は、1～6ページ、8～12ページ、14～16ページ、18～20ページ、23～26ページに印刷してあります。
5. 試験開始と同時に配付物を確認し、脱落している場合は申し出なさい。
また、試験中に「問題冊子」の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および「解答用紙」の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 「解答用紙」について
☆ 「解答用紙（その1）」、「解答用紙（その2）」の氏名欄には各自の氏名を楷書で記入し、受験番号記入欄には各自の5ケタの受験番号（90001, 90002, 90003, …）を記入しなさい。

「解答用紙（その1）」

1	～	5
---	---	---

 の解答用紙です。

「解答用紙（その2）」

6	～	8
---	---	---

 の解答用紙です。
7. 試験終了の合図と同時に、裏返しの状態で下から「問題冊子」、「解答用紙（その1）」、「解答用紙（その2）」の順に並べなさい。
8. 試験終了後、「問題冊子」は持ち帰りなさい。

2022（一般選抜前期）

M2(32-1)

下書き用紙

解答はすべて「解答用紙」の指定された箇所に記入せよ。

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,

Cl=35.5, Cu=64

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

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

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

セルシウス温度目盛りのゼロ点 0°C ： 273 K

標準状態での理想気体のモル体積： $22.4 \text{ L} / \text{mol}$

『余 白』

1

問1 次の(1)～(9)の問いについて、正しいものを1つ選び、記号で答えよ。(18点)

(1) ある元素には、**X**と**Y**の2つの同位体がある。**X**の原子番号は**n**で、**X**の質量数と**Y**の質量数を加えると**2m**になる。また**X**は**Y**より質量数が**2p**だけ大きい。**X**の中性子の数はいくらか。

- (ア) $m+n+p$ (イ) $m-n+p$ (ウ) $m-n-p$
(エ) $n-m+p$ (オ) $n-m-p$

(2) 次のイオンの中で、アルゴン **Ar** と同じ電子配置をもつものはどれか。

- (ア) Al^{3+} (イ) Ca^{2+} (ウ) F^{-} (エ) Mg^{2+} (オ) Na^{+}

(3) 次の物質の組み合わせの中で、互いに同素体であるものはどれか。

- (ア) 酸素とオゾン (イ) 酢酸と無水酢酸 (ウ) 黒鉛と亜鉛
(エ) 硫酸と亜硫酸 (オ) ブタンとイソブタン

(4) 次の化学式の中の下線で示した原子のうち、酸化数が最も大きいものはどれか。

- (ア) $\text{H}\underline{\text{C}}\text{ClO}_3$ (イ) $\text{H}_2\underline{\text{S}}\text{O}_4$ (ウ) $\text{H}_3\underline{\text{P}}\text{O}_4$
(エ) $\text{K}\underline{\text{Mn}}\text{O}_4$ (オ) $\text{K}_2\underline{\text{Cr}}_2\text{O}_7$

(5) 次の気体の中で、硫化鉄(II)に希塩酸を加えると発生するものはどれか。

- (ア) 水素 (イ) 塩素 (ウ) 酸素
(エ) 硫化水素 (オ) 二酸化硫黄

(6) 次の金属イオンを含むそれぞれの水溶液に希塩酸を加えたとき、室温で沈殿を生じるのはどれか。

(ア) Al^{3+} (イ) Ca^{2+} (ウ) Cu^{2+} (エ) Pb^{2+} (オ) Zn^{2+}

(7) 原子量 27.0 の金属 M の酸化物 10.2 g を完全に還元して金属 M を 5.40 g 得た。この金属 M の酸化物の化学式は次のうちどれか。

(ア) MO (イ) M_2O (ウ) MO_2 (エ) MO_3 (オ) M_2O_3

(8) 次の化合物の中で、鏡像異性体の存在するものはどれか。

(ア) フマル酸 (イ) マレイン酸 (ウ) ステアリン酸
(エ) 安息香酸 (オ) 乳酸

(9) 次の化合物の中で、アミドはどれか。

(ア) アニリン (イ) アセトン (ウ) アラニン
(エ) アセトアニリド (オ) アセトアルデヒド

『余 白』

2

次の記述を読んで、問い（問2～問7）に答えよ。

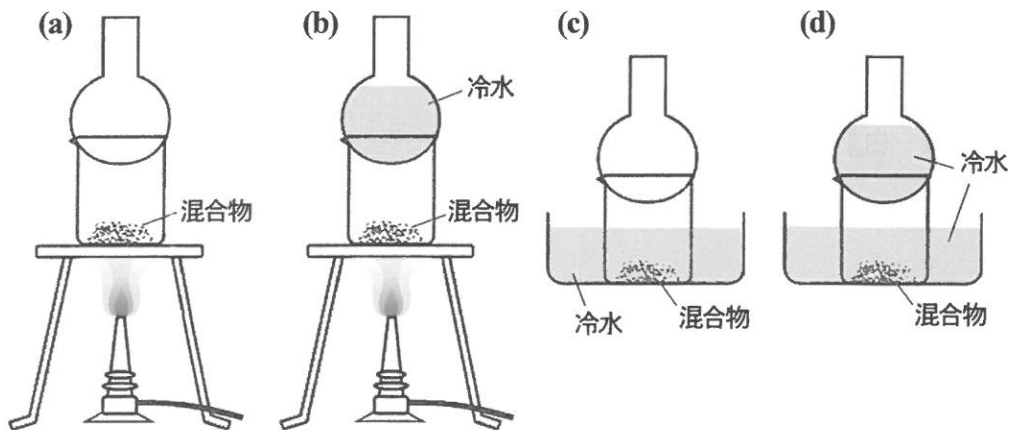
（20点）

窒素や酸素のように、他の物質が混じっていない単一の物質を純物質といい、窒素や酸素などからなる空気のように何種類かの物質が混じりあった物質を混合物という。混合物に含まれる物質の性質の違いを利用して、成分の物質を取り出す操作を分離という。分離の方法には、ろ過、蒸留、昇華法、抽出、再結晶などがある。

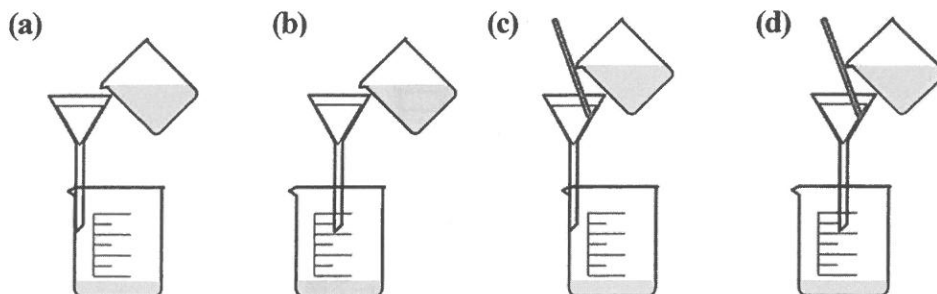
問2 次の(a)～(d)の物質を純物質と混合物に分類せよ（解答欄に記号で答えよ）。

- (a) ドライアイス
- (b) 塩酸
- (c) ステンレス鋼
- (d) 水銀

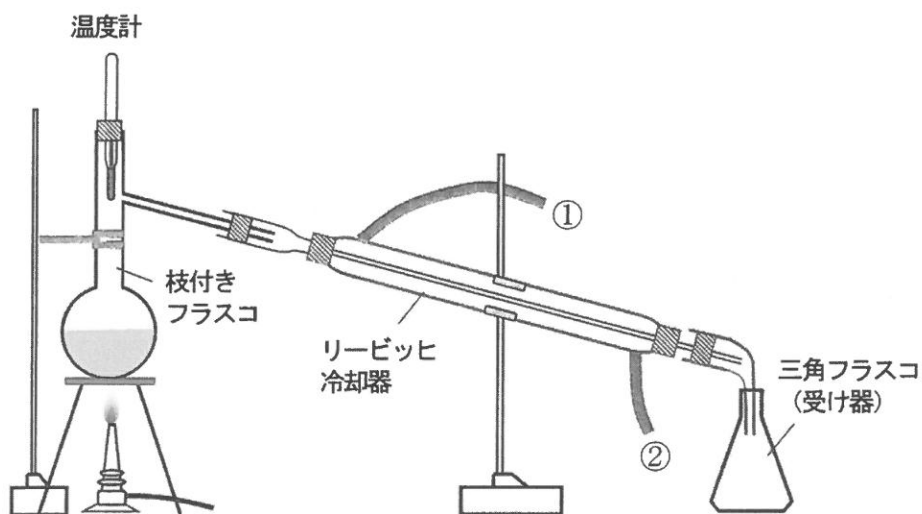
問3 次の(a)～(d)のうち、砂の混じったヨウ素（混合物）からヨウ素を取り出すための昇華法の装置として最も適切なものはどれか。1つ選べ。



問4 次の(a)~(d)のうち、ろ過の方法として最も適切なものはどれか。1つ選べ。

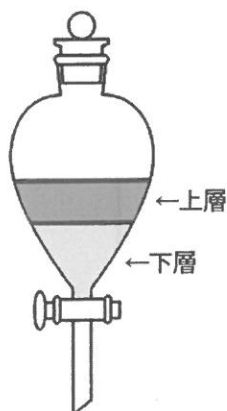


問5 下図は、塩化ナトリウム水溶液を蒸留して水を取り出す装置である。この操作に関する記述のうち正しいものに○印を、間違っているものに×印を記入せよ。



- (1) 枝付きフラスコに入れる液量は、枝付きフラスコの容量の半分以下にする。
- (2) 水溶液には突沸を防ぐため、沸騰石を入れる。
- (3) 温度計は図の位置ではなく、水溶液につける必要がある。
- (4) リービッヒ冷却器の冷却水は①から入れて②へと出す。
- (5) 受け器である三角フラスコは密閉しない。

問6 ヨウ素とヨウ化カリウムを含む水溶液を下図の器具に入れ、ヘキサンを加えてよく振って静置した。次の(a)~(d)の記述のうち、正しいものはどれか。1つ選べ。



- (a) ヨウ素は主に上層のヘキサンに溶けている。
- (b) ヨウ素は主に下層のヘキサンに溶けている。
- (c) ヨウ素は主に上層の水に溶けている。
- (d) ヨウ素は主に下層の水に溶けている。

問7 次の(a)~(f)の分離の方法として、ろ過、昇華法もしくは再結晶が最も適切であるものはどれか。それぞれ1つ選べ。

- (a) 砂の混じった海水から、砂を取り出す。
- (b) インクに含まれるいろいろな色素を分離する。
- (c) 石油から、ガソリン、軽油および重油を取り出す。
- (d) 植物の緑葉から、葉緑素(クロロフィル)を取り出す。
- (e) 塩化ナトリウムとナフタレンの混合物から、ナフタレンを取り出す。
- (f) 少量の硫酸銅(II)を含む硝酸カリウムから、硝酸カリウムを取り出す。

下書き用紙

3

次の記述を読んで、問い（問8～問12）に答えよ。

（22点）

水に酸や塩基を加えると、その pH は大きく変化する。一方、弱酸とその塩、あるいは弱塩基とその塩の混合水溶液は、少量の酸や塩基が加えられても pH があまり変化しない。このように水溶液の pH をほぼ一定に保つ作用を緩衝作用という。酢酸の水溶液について、以下のように緩衝液を作製し、その際の pH を検討した。ただし、水溶液の温度は一定であるとし、この温度における酢酸の電離定数は $K_a = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ である。また、酢酸水溶液中の酢酸の電離度は 1 に比べて十分に小さいものとする。必要ならば $\log_{10}2.0 = 0.30$, $\log_{10}3.0 = 0.48$ を用いよ。

問8 0.20 mol/L の酢酸水溶液の電離度はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。

問9 0.20 mol/L の酢酸水溶液の pH はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。

問10 濃度 x [mol/L] の酢酸水溶液 V [L] と、濃度 y [mol/L] の酢酸ナトリウム水溶液 V [L] とを混合した。この混合水溶液中の CH_3COO^- の濃度 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ は [ア] [mol/L] とみなすことができ、また混合水溶液中の CH_3COOH の濃度 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ は [イ] [mol/L] とみなすことができる。ただし、酢酸ナトリウムは水溶液中で完全に電離するものとする。

文中の [ア] および [イ] に入る濃度を x , y , V , K_a のうち適切なものを用いて表せ。

問 1 1 0.20 mol/L の酢酸水溶液 100 mL に、酢酸ナトリウムの結晶 0.020 mol を溶解した。このとき、結晶の溶解により溶液の体積は変化せず、また酢酸ナトリウムは水溶液中で完全に電離するものとする。この操作後の混合水溶液中の pH はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。

問 1 2 問 1 1 の操作後の混合水溶液 100 mL に 0.20 g の水酸化ナトリウムを溶解した。このとき、溶解により溶液の体積は変化しないものとする。水酸化ナトリウムを溶解後の水溶液の pH はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。

『余 白』

4

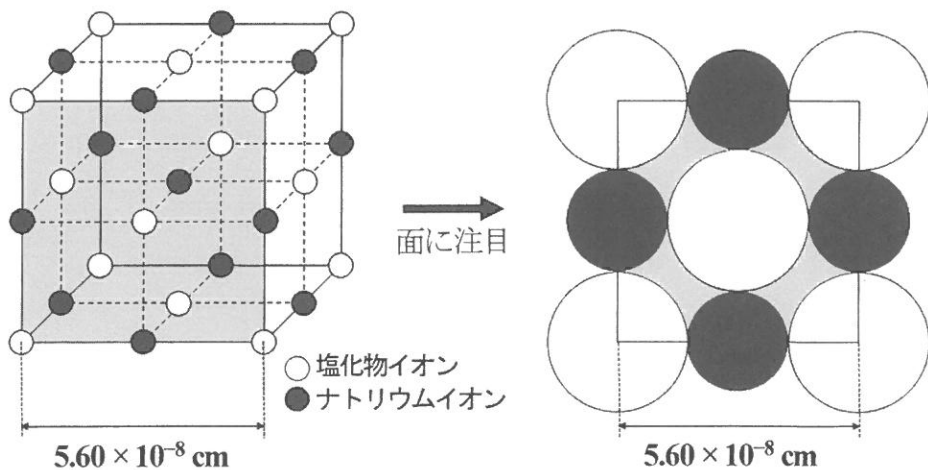
次の記述を読んで、問い（問13～問16）に答えよ。

（28点）

下図左は、塩化ナトリウムの結晶の単位格子（1辺の長さが $5.60 \times 10^{-8} \text{ cm}$ ）を示している。(i) この結晶では、ナトリウムイオンと塩化物イオンはそれぞれ面心立方格子の配置をとっている。単位格子の中心にあるナトリウムイオンに着目すると、(a) 個の塩化物イオンと接しており、また、最も近くに存在するナトリウムイオンの数は (b) 個である。単位格子中には、ナトリウムイオンが (c) 個、塩化物イオンが (d) 個ずつ含まれる。

単位格子（体積は $1.76 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$ ）の1つの面に着目すると、下図右のようにナトリウムイオンと塩化物イオンが並んでいる。塩化物イオンの半径がナトリウムイオンの1.40倍であるとする、ナトリウムイオンの半径は [①] cm である。また、塩化ナトリウムの式量は 58.5 であるので、塩化ナトリウムの結晶の密度は [②] g/cm^3 と計算される。

塩化ナトリウムは生理食塩水の調製に用いられる。(ii) 生理食塩水は、100 mL 中に塩化ナトリウム 900 mg を含む水溶液であり、ヒトの血しょう（血液から血球を取り除いた液体成分）と等しい浸透圧を示す。医療現場では、生理食塩水は注射剤の希釈や皮膚の洗浄などに用いられる。



問13 文中の(a)～(d)に適切な数値を記入せよ。

問14 [①]および[②]として適切な数値はいくらか。有効数字 3 桁で答えよ。

問15 下線部 (i) に関する以下の文章について、文中の [ア]～[カ] に適切な語句または組成式を記入せよ。

陽イオンと陰イオンは静電氣的な力で結びついている。この静電氣的な力による結合を [ア] という。また [ア] でできた結晶を [イ] とよび、陽イオンと陰イオンが交互に規則正しく立体的に配列している。イオンの配列が似た [イ] であれば、イオン間の静電氣的な力が大きいものほど、その融点は高い。イオン間の静電氣的な力 F は下記の式で近似できる。

$$F = k \frac{|q^+ q^-|}{(r^+ + r^-)^2}$$

k : 比例定数

q^+ , q^- : 陽, 陰イオンの電荷

r^+ , r^- : 陽, 陰イオンの半径

したがって、NaCl 型の [イ] である **KCl**, **NaF**, **MgO** および **NaCl** の 4 つを融点の高い順に並べると [ウ] > [エ] > [オ] > [カ] となる。

『余 白』(問16は12ページにある)

問16 下線部 (ii) について、 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ におけるヒトの血しょうの浸透圧 [Pa] はいくらか。有効数字2桁で答えよ。ただし、塩化ナトリウムは水溶液中で完全に電離するものとする。

『余 白』

下書き用紙

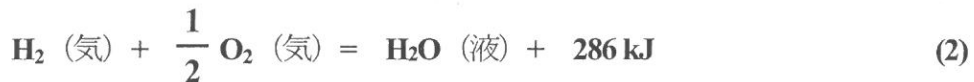
5

次の記述を読んで、問い（問17～問21）に答えよ。

（24点）

反応熱は、化学反応により物質の化学変化や状態変化が起こった際に生じる熱量で、燃焼熱、生成熱、溶解熱などが知られている。物質が変化する際の反応熱の総和は、一般に変化の前後の物質の種類と状態だけで決まるとされており、反応経路やその方法とは関係しない。これは〔ア〕の法則とよばれており、これを利用することで、実験での測定が困難な化学反応の反応熱も計算により求めることが可能である。

例えば、以下の(1)～(3)の熱化学方程式を用いて、熱化学方程式(4)を解くことができる。



(4) 式は、1 mol のメタン（気体）が生成するとき、 Q [kJ] の熱量が発生することを示している。このように、熱を放出しながら進行する反応を〔イ〕反応とよび、一般に反応物がもつエネルギーの総和が、生成物がもつエネルギーの総和よりも〔ウ〕場合に起こる。逆の場合は周囲から熱がうばわれて反応が進行するため、〔エ〕反応とよばれる。例えば、炭素（固体、黒鉛）と水素（気体）からアセチレン（気体）が生成する反応は、〔エ〕反応である。

問17 文中の〔ア〕～〔エ〕に適切な語句を記入せよ。

『余 白』

問18 メタン（気体）の生成熱 Q [kJ] はいくらか。整数で答えよ。

問19 炭素（固体，黒鉛）と水素（気体）から 1 mol のエタン（気体）が生成するときの熱化学方程式を書け。ただし，エタン（気体）の燃焼熱は 1561 kJ/mol であり，その際，生成する水は液体とする。

問20 物質量の合計が 1.0 mol であるメタンとエタンの混合気体を完全燃焼させたところ， 1059 kJ の熱が発生した。この混合気体に含まれるエタンの物質量 [mol] はいくらか。有効数字2桁で答えよ。ただし，エタン（気体）の燃焼熱は 1561 kJ/mol であり，その際，生成する水は液体とする。

『余 白』（問21は16ページにある）

問21 下線部 (i) に関して、アセチレン (気体) の生成熱をもとにアセチレン (気体) の燃焼熱を計算した。ところが、アセチレン (気体) の生成反応を [エ] 反応ではなく [イ] 反応と勘違いしたため、正しい燃焼熱の値よりも x [kJ/mol] 低い値が得られた ($x > 0$)。アセチレン (気体) の正しい燃焼熱 [kJ/mol] を x を用いて記せ。ただし、アセチレン (気体) の燃焼の際、生成する水は液体とする。

『余 白』

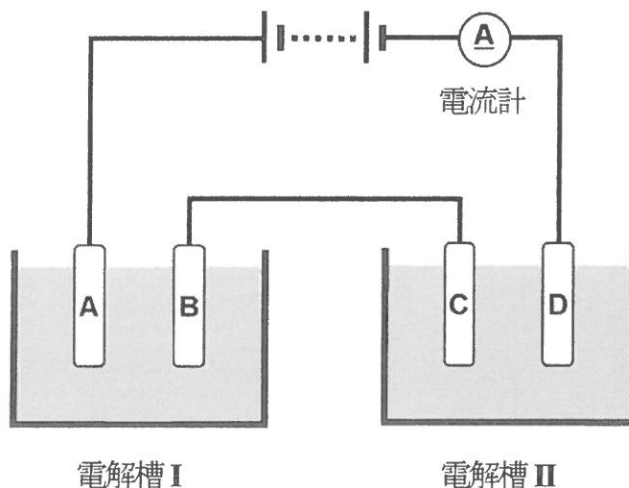
下書き用紙

6

次の記述を読んで、問い（問22～問25）に答えよ。

(22点)

電解槽Ⅰおよび電解槽Ⅱ（電極A～Dはいずれも白金）を下図のように直列につないだ。電解槽Ⅰには硫酸酸性の硫酸銅(Ⅱ)水溶液が十分な量入っており、電解槽Ⅱには水酸化ナトリウム水溶液が十分な量入っている。この装置により、1.50 Aの電流を32分10秒間流して電気分解を行った。ただし、流れた電流はすべて電気分解に使用されたものとする。



問22 電解槽Ⅰの陽極および陰極で起こる反応を、それぞれ電子 e^- を用いた式（イオン反応式）で示せ。

問23 電解槽Ⅰの電極で析出する金属の質量[mg]の総和はいくらか。有効数字3桁で答えよ。

『余 白』

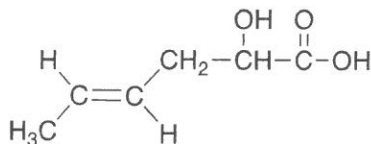
問24 電解槽ⅠおよびⅡで発生した気体の体積〔mL〕の総和は標準状態でいくらか。有効数字3桁で答えよ。ただし、発生する気体はすべて理想気体とみなすことができ、また気体の水溶液への溶解と水溶液の蒸発は考えないものとする。

問25 電解槽Ⅰにおいて、銀、金、鉄、ニッケル、亜鉛が微量含まれる粗銅板を電極Aに、純銅板を電極Bにして約0.3Vの低電圧で十分な時間、電気分解を行ったとする。電気分解後に、陽極泥として沈殿する金属をすべて答えよ。またその理由も記入せよ。

『余 白』

7

次の記述を読んで、問い（問26～問29）に答えよ。ただし、構造式を書く場合は、例にならって書け。（31点）



構造式の例

- 化合物A～Dは、分子式C₄H₁₀Oで表される化合物である。
- 化合物A～Dをそれぞれ単体のナトリウムと反応させると、すべて水素が発生した。
- 化合物A～Dに対して適切な方法で段階的に酸化反応を行った。その結果、化合物Aの酸化では、まず化合物Eが生成し、さらに酸化すると化合物Fが生成した。化合物Bの酸化では、まず化合物Gが生成し、さらに酸化すると化合物Hが生成した。化合物FおよびHに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、ともに無色の気体Xが発生した。化合物Cの酸化では、化合物Iが生成したが、さらに酸化を続けても変化はなかった。化合物Dの酸化はほとんど進行しなかった。
- 化合物A～Dの分子内脱水反応を行った。その結果、化合物AおよびDからは、ともに化合物Jのみが生成し、化合物Bからは化合物Kのみが生成した。一方、化合物Cの分子内脱水反応では、3種類の化合物K、L、Mが生成した。なお、化合物J～Mはすべてアルケンであり、LとMはシーストランス異性体（幾何異性体）の関係にある。
- 化合物Aと化合物Hを縮合したところ、エステルNが生成した。

問26 化合物A～Dのうち、不斉炭素原子をもつ化合物をすべて選び、記号で答えよ。

『余白』（問27～問29は23ページにある）

下書き用紙

下書き用紙

問27 化合物E～Iのうち、銀鏡反応を示す化合物をすべて選び、記号で答えよ。

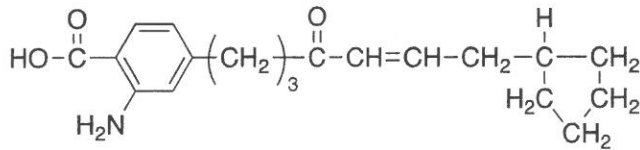
問28 気体Xの化合物名を書け。

問29 化合物C, J, KおよびNの構造式を書け。

『余 白』

8

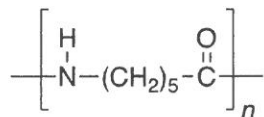
次の記述を読んで、問い（問30～問35）に答えよ。ただし、構造式を書く場合は、例にならって書け。（35点）



構造式の例

人工的に合成される合成高分子化合物は、用途の違いから合成繊維、合成樹脂(プラスチック)、合成ゴムなどに分類される。

ポリアミド系合成繊維は分子内にアミド結合を繰り返しもつ。例えば、(i) ナイロン66は、アジピン酸とヘキサメチレンジアミンを縮合重合することで得られ、肌触りや光沢が絹に似ている。また、(ii) ナイロン6(下図)は、環状の化合物である原料Xを[Y]重合することにより得られる。



ナイロン6

一方、ポリエステル系合成繊維はエステル結合を繰り返しもち、カルボン酸とアルコールとの縮合重合で得られる。主なものに、(iii) ポリエチレンテレフタレート(PET)があり、ペットボトルの原料に利用されるほか、丈夫でしわになりにくいことからワイシャツやブラウスなどの衣料品にも広く用いられている。

プラスチックや合成ゴムのなかには、(iv) 2種類以上の単量体を混合して付加重合を行う製造法が用いられるものがある。それらの製品のうち、(v) 耐老化性、耐熱性、耐油性、耐摩耗性に優れたものは、自動車用のタイヤ材として使用されている。

『余 白』

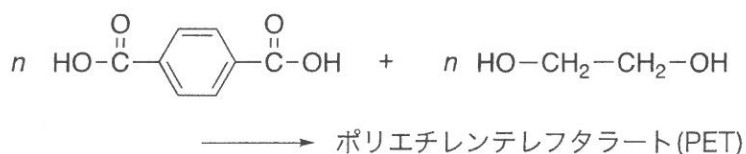
問30 下線部 (i) について、ナイロン66の原料となるアジピン酸およびヘキサメチレンジアミンの構造式を書け。

問31 下線部 (ii) について、Xの化合物名と構造式を書け。また、[Y] に適切な語句を記入せよ。

問32 下線部 (ii) に関連して、あるナイロン6の平均分子量を調べたところ、 4.1×10^4 だった。このナイロン6の平均重合度はいくらか。有効数字2桁で答えよ。

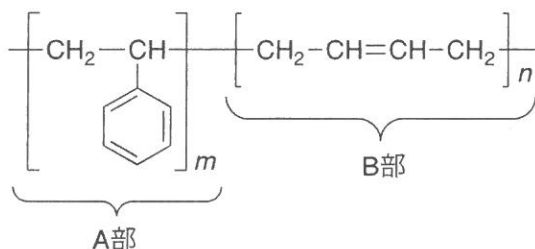
『余 白』(問33~問35は26ページにある)

問33 下線部 (iii) に関連して、ポリエチレンテレフタレートはテレフタル酸とエチレングリコールとの縮合重合で得られる(下式)。あるポリエチレンテレフタレート詳しく調べたところ、1分子あたり平均で 2.7×10^3 個のエステル結合が存在した。このポリエチレンテレフタレートの平均分子量はいくらか。有効数字2桁で答えよ。



問34 下線部 (iv) に該当する重合法の名称を答えよ。

問35 下線部 (v) に関連して、下図の重合体はその好例である。この重合体を合成するために用いる2種類の単量体(原料)の化合物名と、B部を構成する単量体(原料)の構造式を書け。ただし、実際の重合体はそれぞれの単量体がばらばらに含まれており、下図のようにそれぞれの単量体がA部に m 個、B部に n 個ずつ並んでいるというわけではない。



『以上』