

令和2年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で52ページある。(落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。)

問題冊子の中に下書き用紙が1枚入っている。

| | | | | | |
|---|---|----------|---|---|----------|
| 物 | 理 | 1～10ページ | 化 | 学 | 11～29ページ |
| 生 | 物 | 30～42ページ | 地 | 学 | 43～52ページ |

- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された2箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
 - (1) 教育学部および工学部の受験者は、90分。
 - (2) 理学部および農学部の受験者は、次のとおりである。
 - ① 理科1科目の受験者は、90分。
 - ② 理科2科目の受験者は、180分。
 - (3) 医学部および歯学部の受験者は、180分。
- 6 問題冊子および下書き用紙は、持ち帰ること。

問題訂正

周知方法： 訂正紙の配付

試験日時： 令和2年2月25日 13時30分開始

科目名：理科（化学）

問題訂正

21ページ

2 の II の 問 8

(誤) 合成樹脂Bは熱可塑性を示すが、合成樹脂Cは熱硬化性を示す。Cの構造式に見られる、熱硬化性樹脂に特徴的な構造の名称を答えよ。



(正) 合成樹脂Bは熱可塑性を示すが、合成樹脂Cは熱硬化性を示す。合成樹脂Cの熱硬化性の原因は、構造式に見られる橋かけ構造にある。加熱による合成樹脂Cの合成の過程で構造にはどのような変化が起こるか。次の(ア)～(エ)の中から最も適切なものを選び、記号を書け。

- (ア) 橋かけ構造が分解して、単量体になる。
- (イ) 一部の橋かけ構造が分解して、鎖状構造になる。
- (ウ) 橋かけ構造の数が増加して、立体構造が発達する。
- (エ) 橋かけ構造の数は変化しないが、分子の配列が不規則になる。

化 学

注意

必要があれば、次の値を使うこと。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$

円周率 $\pi = 3.14$

平方根 $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$

1 次の文章を読んで、問1～問8に答えよ。

結晶は、原子やイオンなどが規則正しく配列した固体であり、その最小の繰り返し構造を (1) という。構造に規則性がない固体は (2) とよばれる。金属の結晶は、原子どうしが金属結合により規則正しく配列している。同じ大きさの金属原子をすき間なく詰めた最密構造には、^(a)面心立方格子や六方最密構造がある。面心立方格子の場合、^(b)(1) の一辺の長さを a [cm] とすると、金属原子の半径は a を用いて (ア) [cm] と表される。また、(1) には (イ) 個の金属原子が存在するため、(1) 中で金属原子が占める体積の割合を示す充填率は (ウ) [%] となる。金属のモル質量を M [g/mol]、アボガドロ定数を N [/mol] とすると、金属の密度は (エ) [g/cm³] で表される。

一方、陰イオンと陽イオンがイオン結合により結びついてできた結晶をイオン結晶という。例として、塩化ナトリウムの結晶を図1に示す。小さな Na^+ は、(オ) 個の比較的大きな Cl^- に取り囲まれている。この数を (3) という。ここで、^(c)陰イオンの半径 R に対する陽イオンの半径 r の比 r/R は、結晶の安定性の目安となる。図2に示すように、 r を(i)から(iii)の順に小さくすると陰イオンどうしが接するようになるので、構造は不安定になる。

多数の非金属元素の原子が、共有結合を形成することでできる結晶を共有結合結晶という。一例として^(d)二酸化ケイ素 SiO_2 があり、その結晶はケイ素原子と酸素原子が結合して三次元網目構造を形成している。

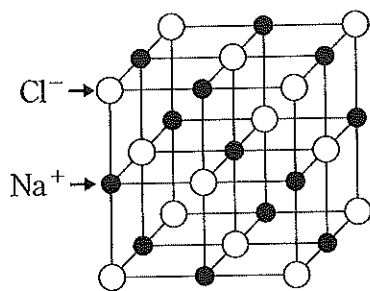


図1

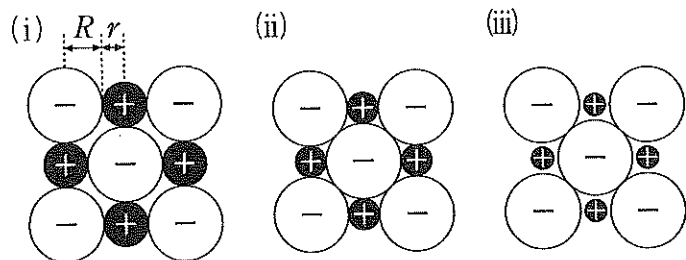


図2

問 1 空欄 (1) ~ (3) にあてはまる最も適切な語を書け。

問 2 空欄 (ア) と (エ) には数式を，空欄 (イ) と (オ) には数字を，空欄 (ウ) には有効数字 2 桁の数値を書け。

問 3 価電子という用語を用い，下線部(a)が形成されるしくみを説明せよ。

問 4 図 3 に示すように，金属原子を平面上にすき間なく敷き詰めたものを第 1 層とし，次に第 1 層のすき間に原子を積み重ねて第 2 層をつくる。このようにして層の数を増やし，下線部(b)の面心立方格子と六方最密構造をつくる場合，第 3 層以降の積み重なり方の違いを文または文章で説明せよ。

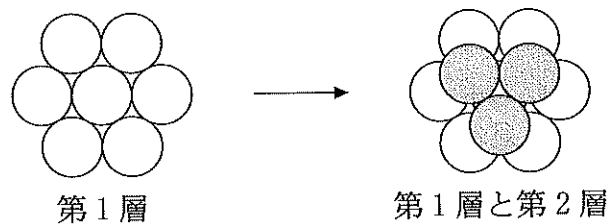


図 3

問 5 塩化ナトリウム型の結晶が安定に存在できる限界の構造を、図 2 の(i)~(iii)から選び、記号を書け。

問 6 下線部(c)について、塩化ナトリウム型の結晶が安定に存在できる限界の比 r/R を求めよ。平方根はそのままでよい。求める過程も示せ。

問 7 下線部(d)の SiO_2 について、次の(1)と(2)に答えよ。

(1) SiO_2 は、次の(A)~(C)のいずれの酸化物に分類されるかを選び、記号を書け。

(A) 酸性酸化物 (B) 塩基性酸化物 (C) 両性酸化物

(2) 次の酸化物(D)~(I)の中で、 SiO_2 と同じ分類のものがあればすべて選び、記号を書け。なければ、なしと書け。

(D) SO_3 (E) Al_2O_3 (F) K_2O
(G) ZnO (H) P_4O_{10} (I) MgO

問 8 下線部(d)の SiO_2 は、フッ化水素酸に溶ける。 SiO_2 とフッ化水素酸の化学反応式を書け。

2 は次ページ

I 次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。

タンパク質を構成する α -アミノ酸の例としては、鏡像異性体が存在しない^(a)グリシン、酸性アミノ酸のアスパラギン酸、塩基性アミノ酸のリシンなどがある。 α -アミノ酸だけで構成されるタンパク質を単純タンパク質というのに対し、 α -アミノ酸以外に糖、リン酸、色素、核酸などの成分を含むタンパク質を複合タンパク質^(b)という。

生体内で起こる化学反応の触媒としてはたらくタンパク質を酵素という。酵素が作用する物質を といい、酵素はそれぞれ決まった にしか作用しない。この性質を という。酵素が触媒作用を示すとき、反応速度が最大になる温度を という。多くの酵素は60℃以上の高温になると活性を失う。これは、タンパク質が熱により するからである。

一方、核酸は、遺伝情報の伝達やタンパク質の合成に関与する。核酸の単量体であるヌクレオチドは、窒素を含む塩基が と結合し、さらに が と結合した構造をもつ。核酸の一種であるデオキシリボ核酸(DNA)は、2本のポリヌクレオチドからなる二重らせん構造をとる。DNAを構成する塩基は、図1に示すアデニン、グアニン、、 である。2本のポリヌクレオチド間では、アデニンと が、グアニンと が、それぞれ水素結合で塩基対を形成している。グアニンと の塩基対は、アデニンと の塩基対よりも熱に^(c)対して安定である。

問 2 下線部(a)の α -アミノ酸のうち、等電点が最も高いものを選び、その名称を書け。

問 3 下線部(b)について、複合タンパク質を次の(A)~(E)から二つ選び、記号を書け。

- (A) ムチン (B) コラーゲン (C) アルブミン
(D) ケラチン (E) ヘモグロビン

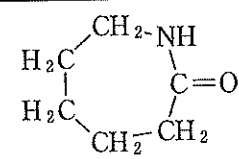
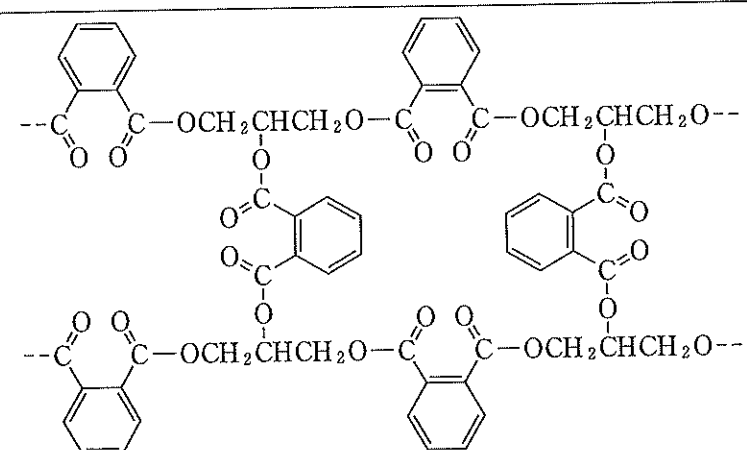
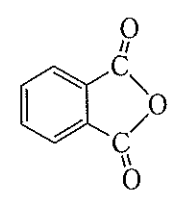
問 4 空欄 ~ にあてはまる最も適切な語または物質名を書け。

問 5 下線部(c)について、その理由を水素結合の数の違いにより説明せよ。

2 Ⅱは次ページ

II 次の文を読み、問6～問10に答えよ。

次の表に合成樹脂A～Dとそれぞれの単量体(原料)の構造式を示す。

| | 合成樹脂 | 単量体(原料) |
|---|--|--|
| A | $\left[\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} (\text{CH}_2)_5 \text{---NH} \right]_n$ |  |
| B | $\left[\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---} \end{array} \text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O} \right]_n$ | $\text{HOOC} \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \text{COOH}$ $\text{HO} \text{---} \text{CH}_2\text{CH}_2 \text{---} \text{OH}$ |
| C |  |  $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CHOH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ |
| D | $\left[\text{CH}_2 \text{---} \underset{\text{OH}}{\text{CH}} \right]_n$ | $\text{CH}_2 = \text{CHOC}(\text{O})\text{CH}_3$ |

問6 合成樹脂A～Dにおいて単量体どうしをつないでいる結合として最も適切なものを次の(ア)～(カ)からそれぞれ選び、記号で書け。なお、同じ記号を繰り返し用いてもよい。

- | | |
|---------------|---------------|
| (ア) 炭素—炭素単結合 | (イ) 炭素—酸素二重結合 |
| (ウ) エステル結合 | (エ) エーテル結合 |
| (オ) 炭素—炭素二重結合 | (カ) アミド結合 |

問7 合成樹脂Aは、その分子中の官能基が分子間で水素結合を形成するため、強度の高い繊維となる。この水素結合を形成する官能基の組み合わせを答えよ。

問 8 合成樹脂 B は熱可塑性を示すが，合成樹脂 C は熱硬化性を示す。C の構造式に見られる，熱硬化性樹脂に特徴的な構造の名称を答えよ。

問 9 合成樹脂 D が水に溶けやすい理由を説明せよ。

問10 合成樹脂 D の重合度を調べるために次の実験を行なった。半透膜で片側を仕切った円筒に 750 mL の水を入れ，水を入れたビーカーに図 2 (a) のように固定した。円筒内の水に 5.0 g の D を溶解させ，しばらく放置すると，水面の高さは図 2 (b) に示す値で一定となった。このとき，D の水溶液の密度を測定すると 1.0 g/cm^3 であった。次の(1)および(2)に答えよ。ただし，有効数字は 2 桁とする。計算の過程も示せ。なお，温度は 27°C ，気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。また，大気圧 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ は 76 cm の水銀柱 (密度 13.5 g/cm^3) の圧力と等しい。

(1) D の水溶液の浸透圧を Pa 単位で求めよ。

(2) D の平均重合度を求めよ。

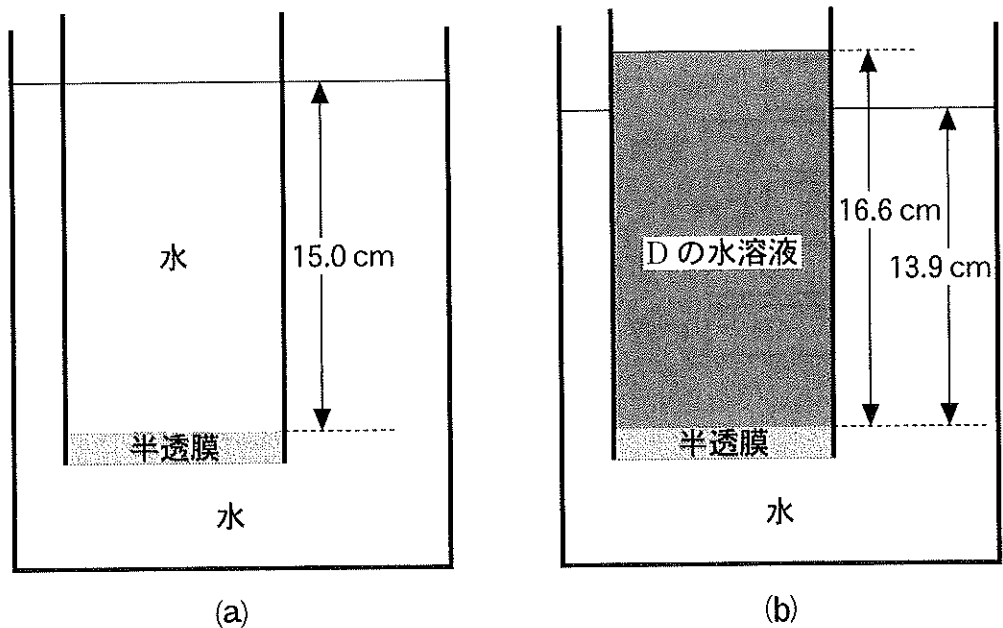
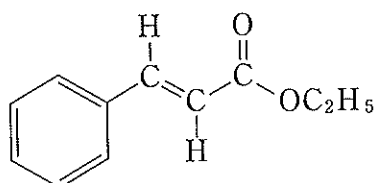


図 2

3

[注意] 構造式は下の(例)にならって簡略に示せ。

(例)



I 次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。

ベンゼン環に二つの置換基を有する化合物A～Dがある。Aは、ニトロベンゼンに鉄粉と濃塩酸を反応させて得られる化合物と同じ置換基を有する。Bは、トルエンを過マンガン酸カリウムで酸化して得られる化合物と同じ置換基を有する。Cは、クロロベンゼンを高温・高圧下で水酸化ナトリウム水溶液と反応させて得られる化合物と同じ置換基を有する。25.0 mg の D を完全燃焼させると、82.5 mg の二酸化炭素と 22.5 mg の水が^(a)生じた。

化合物A～Dの混合物をジエチルエーテルに溶かして (1) に入れ、希塩酸を加えると二層になった。下層をビーカーに取り、(ア) を加えると油状物が生じたので、ジエチルエーテルで (2) してAを分離した。

(1) に残っている層に (イ) を加えて生じた下層をビーカーに取り、(ウ) を加えると固体が生じたので、(3) をしてBを得た。

(1) に残っている層に (ア) を加えて生じた下層をビーカーに取り、(ウ) を加えてからジエチルエーテルで (2) してCを分離した。

(1) に残っている層からジエチルエーテルを蒸発させてDを得た。

問 1 化合物 D は分子量が 120 の炭化水素である。下線部(a)より組成式と分子式を求めよ。計算の過程も示せ。

問 2 化合物 D を過マンガン酸カリウムで酸化すると化合物 E が得られ、E を高温で加熱すると分子内で脱水反応が進行した。D と E の構造式を書け。

問 3 化合物 A~C は、いずれも化合物 D の二つの炭化水素基のうち炭素数の少ない方と同じ炭化水素基を有し、A は *m*- (メタ)置換体、B は *o*- (オルト)置換体、C は *p*- (パラ)置換体である。A、B および C の構造式を書け。

問 4 空欄 ~ にあてはまる実験器具または実験操作として最も適切な語を次の(a)~(f)から選び、記号を書け。

- (a) こまごめピペット (b) 蒸発ざら (c) 分液ろうと
(d) 蒸 留 (e) ろ 過 (f) 抽 出

問 5 空欄 ~ にあてはまる物質名として最も適切な語を次の(a)~(e)から選び、記号を書け。

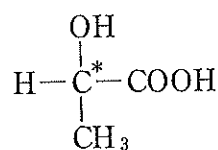
- (a) 炭酸水素ナトリウム水溶液 (b) 希塩酸
(c) 塩化ナトリウム水溶液 (d) 水酸化ナトリウム水溶液
(e) 塩化アンモニウム水溶液

II 脂肪族炭化水素に関する次の実験(i)~(iii)について、問6~問10に答えよ。

- (i) プロパンを臭素水に通じても溶液の色に変化はなかったが、シクロプロパンを臭素水に通じるとプロペンを通じた場合と同様に臭素水の赤褐色が消失した。
- (ii) 27℃で、アルケンFの気体1.00Lの質量を求めると2.27gであった。また、Fに水素を付加させると枝分かれのあるアルカンが生成した。
- (iii) アセチレンにシアン化水素を付加させるとアルケンGが生成した。

問6 実験(i)でシクロプロパンとプロペンがそれぞれ臭素と反応して得られる化合物のうち鏡像異性体をもつものの構造式を書き、次の(例)にならって不斉炭素原子に*印をつけよ。

(例)



問7 実験(i)からプロパンに比べてシクロプロパンは反応性が高いことがわかる。プロパンの中央の炭素原子と両端の炭素原子との結合のなす角度(炭素原子間の結合角)は約110°であるが、シクロプロパンでは炭素原子間の結合角は約60°である。この結合角の違いに基づいて、シクロプロパンとプロパンの反応性が異なる理由を説明せよ。

問8 実験(ii)からアルケンFの分子量を求めよ。ただし、有効数字は3桁とする。計算の過程も示せ。また、大気圧は $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ とし、気体定数 R は $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ を用いよ。なお、気体はすべて理想気体とする。

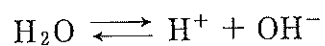
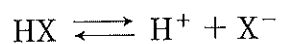
問 9 問 8 で求めた分子量からアルケン F の分子式を求めよ。また、実験(ii)の反応の結果に基づいて、F の構造式を書け。

問10 実験(iii)で生成するアルケン G の構造式を書け。また、G の付加重合で得られる高分子化合物の名称を書け。

4

I 次の文章を読んで、問1～問4に答えよ。

ある電解質 HX の水溶液中では、次の電離平衡が成り立っている。



HX の電離度は、濃度 0.0100 mol/L において 0.300 とする。

問 1 濃度 0.0100 mol/L の HX 水溶液中に存在する分子およびイオンの中で、最も物質が多いものを化学式で答えよ。

問 2 濃度 0.0100 mol/L における HX の電離定数の値を有効数字 3 桁で求めよ。計算の過程も示せ。

問 3 ある濃度の HX 水溶液 10.0 mL に濃度 0.0100 mol/L の NaOH 水溶液を 10.0 mL 加えたとき、pH は 3.2 になった。さらに、NaOH 水溶液を少しずつ加えたところ、pH は図 1 のように変化した。この HX 水溶液のモル濃度を有効数字 3 桁で求めよ。計算の過程も示せ。

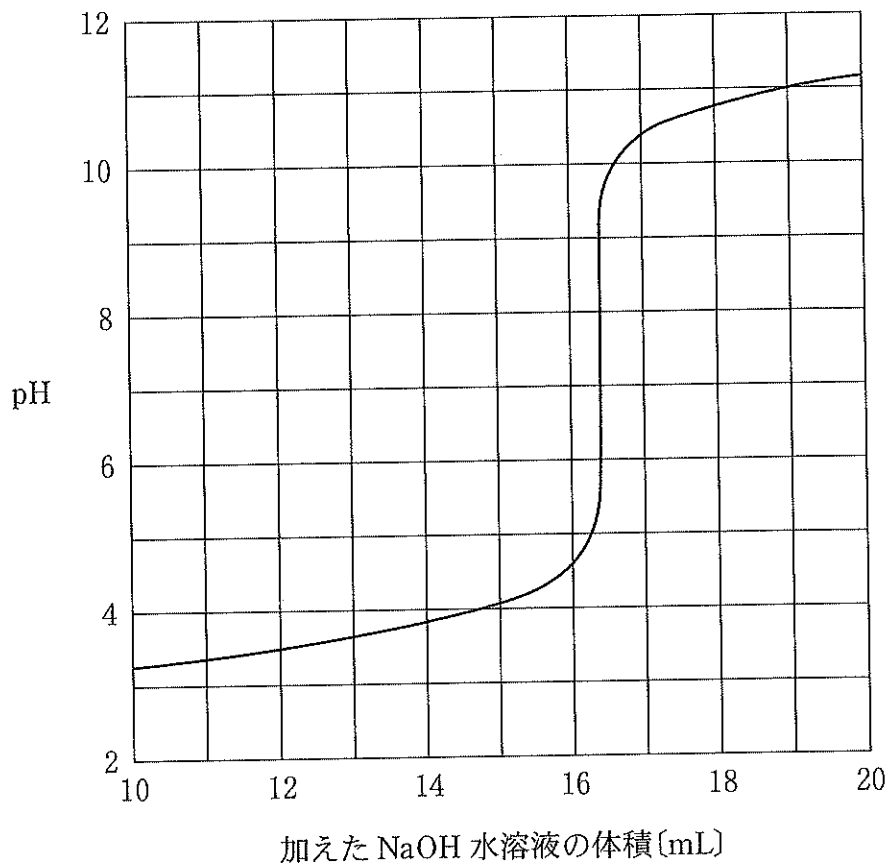


図 1

問 4 問 3 の実験に用いた HX 水溶液 10.0 mL に、水 10.0 mL を加えて希釈してから、濃度 0.0100 mol/L の NaOH 水溶液を少しずつ加えた。pH が 8.0 になるまで加えた NaOH 水溶液の体積は、問 3 の実験と比べて、どのようなになるか。次の(A)~(C)の中から最も適切なものを選び、記号を書け。また、その理由を説明せよ。

- (A) 減少する (B) 変わらない (C) 増加する

II 次の文章を読んで、問5～問8に答えよ。

ある不揮発性非電解質 Y および Z のそれぞれの水溶液について凝固点降下度を測定したところ、図 2 に示す結果が得られた。実験を行った質量モル濃度の範囲内では、Y 水溶液の凝固点降下度と質量モル濃度との間に比例関係が認められ、図中の直線で近似できた。Z 水溶液については、濃度が a より小さい範囲では Y と同じ直線で近似できた。凝固点降下度が溶質の種類によらず、溶質の質量モル濃度で決まることから、次の仮説を立てた。

仮説 凝固点降下度は溶質粒子の に比例する。

Z 水溶液では、濃度が a より大きい範囲で直線から外れるようになった。その理由は、上記の仮説が正しければ、次のように考えることができる。Y 分子の は Y の物質量に比例して増加する。Z の場合は、濃度が大きくなると多数の Z 分子が して コロイドを形成するようになるので、コロイド粒子の の増加が Z の物質量に比例しなくなる。

界面活性剤は コロイドを形成する代表的な物質である。界面活性剤は合成洗剤の主成分であり、繊維に付着した油状の汚れに 基を向けて取り囲み、水中に分散させる 作用を示す。

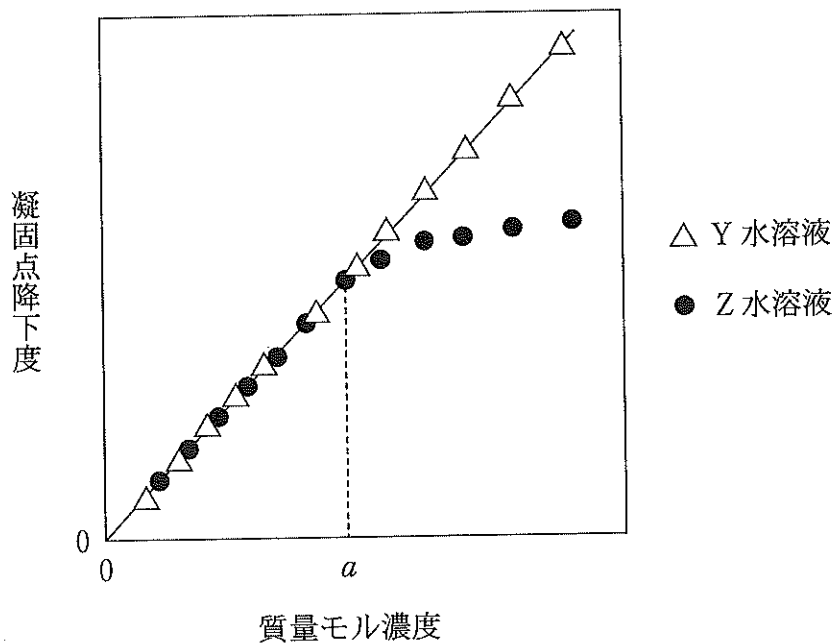


図 2

問 5 水溶液の質量モル濃度を b [mol/kg], 溶質のモル質量を M [g/mol] とするとき, 溶液の質量パーセント濃度をこれらの記号を用いて表せ。求める過程も示せ。

問 6 図 2 中に示す直線の傾きの値は, 溶媒に固有の定数である。その定数の名称を書け。

問 7 空欄 にあてはまる最も適切な語を次の(A)~(F)の中から選び, 記号を書け。

- | | | |
|----------|----------|---------|
| (A) モル濃度 | (B) 質量 | (C) 溶解度 |
| (D) 体積 | (E) モル質量 | (F) 個数 |

問 8 空欄 ~ にあてはまる最も適切な語を書け。