

令和 7 年度

理工学群化学類
外国学校経験者特別入試
小論文
試験問題

注意事項

- ① 問題Ⅰ～Ⅲは別々の解答用紙に解答し、各用紙の左上に問題番号を記入すること。
- ② 解答が書ききれない場合は、「裏へ」と明記の上で、その解答用紙の裏面に続けて書くこと。
- ③ 下書き用紙も回収する。
- ④ 試験時間は90分とする。
- ⑤ 解答に必要な場合は、次の数値を用いること。

原子量: $H = 1.00$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $S = 32$, $K = 39.0$, $Cu = 64$

問題 I

次の問 1 と問 2 に答えよ。

問 1 次の文章を読み、(1) ～ (4) に答えよ。

小さい分子やイオンを含むコロイド溶液をセロハンの袋に入れ、純水を入れたビーカーに浸すことで、小さい分子やイオンをコロイド溶液から分離する操作を ア という。精製されたコロイド溶液に、横から強い光束をあてると光の通路が明るく見える。これを イ 現象という。(a)コロイド溶液に電極を浸して直流電圧をかけると、コロイド粒子はどちらかの電極側に移動する。この現象を ウ という。(b)コロイド粒子を限外顕微鏡で観察すると、ブラウン運動が観測される。また、(c)疎水コロイドの溶液に少量の電解質を加えると沈殿が生じる。この現象を凝析という。

- (1) ア ～ ウ に当てはまる適切な語句を記せ。
- (2) 下線部(a)に関して、コロイド粒子が電極側に移動する理由を記せ。
- (3) 下線部(b)に関して、ブラウン運動が起こる理由を記せ。
- (4) 下線部(c)に関して、沈殿が生じる理由を記せ。

問 2 次の文章を読み、(1) ～ (5) に答えよ。

不揮発性の非電解質を溶かした希薄溶液の凝固点降下 (度) ΔT [K] は、溶質の種類に関係なく、その溶液の質量モル濃度 m [mol/kg] に比例する。

$$\Delta T = K_f m$$

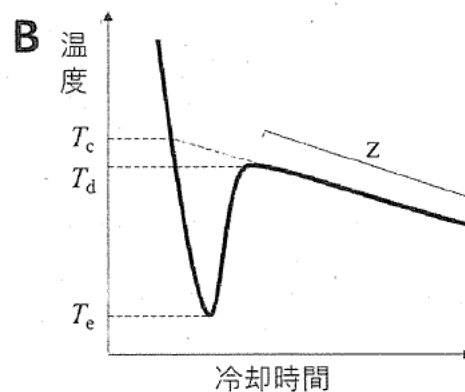
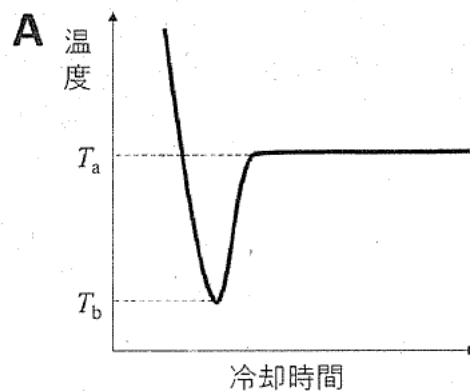
K_f はモル凝固点降下であり、溶質の種類に関係なく溶媒に固有の値である。

不揮発性の非電解質 X の分子量を求めるため、次の実験 1～3 を行った。

実験 1：容器に純水 200.0 g を入れ、容器を冷却した。このときの純水の温度と冷却時間の関係を図の A に示す。

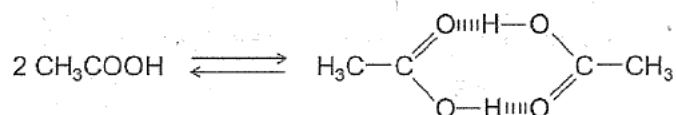
実験 2：容器に純水 200.0 g と、分子量が既知で不揮発性の非電解質 Y を $1.20 \times 10^{-1} \text{ mol}$ 加え、完全に溶解させた後、容器を冷却した。このときの溶液の温度と冷却時間の関係を図の B に示す。凝固点降下 ΔT_1 は 1.11 K であった。

実験 3：純水 200.0 g が入った容器に、X を 10.0 g 加え完全に溶解させた。容器を冷却し、溶液の温度と冷却時間の関係を調べた。凝固点降下 ΔT_2 は 1.54 K であった。



図

- (1) ΔT_1 を，図中の $T_a \sim T_e$ の中から適切なものを用いて表せ．
- (2) 図の B の領域 z では，容器内に固体と液体が共存していた．冷却時間とともに温度が徐々に下がった理由を記せ．
- (3) 水のモル凝固点降下を有効数字 3 桁^{けた}で求め，単位とともに記せ．
- (4) X の分子量を有効数字 2 桁で求め，計算過程も含め答えよ．
- (5) 酢酸 CH_3COOH はベンゼン中で次のような二量体を形成する．



酢酸のベンゼン溶液の質量モル濃度を m ，凝固点降下を ΔT_3 ，ベンゼンのモル凝固点降下を $K_f(\text{C}_6\text{H}_6)$ ，溶液中で酢酸が会合する割合を会合度 β ($0 < \beta < 1$) とするとき， β を $K_f(\text{C}_6\text{H}_6)$ ， m ， ΔT_3 で表せ．

問題 II

次の文章を読み、問 1 ～問 7 に答えよ。

半導体は、多くの電気製品や電子機器に使われており、現代社会において欠かせない。ケイ素は、電気伝導性が^(a)導体（金属）と、絶縁体（非金属）の間であり、半導体の性質を示す。^(b)高純度のケイ素に、少量の^(c)ヒ素を加えて熱処理するとヒ素はケイ素の結晶の中に入り、Si-As 結合ができる。このとき、ヒ素の価電子は 個であるので、結合に使われない価電子が 個残り、これが結晶の中を動くことでケイ素よりも電気伝導性が大きな n 型半導体となる。一方、高純度のケイ素に、少量の^(d)ホウ素を加えると、同様に Si-B 結合ができ、共有結合が完成されずに電子の入るべき場所（正孔）が空のまま残され、電気伝導性が大きな p 型半導体となる。これらの n 型、p 型半導体を用いて光エネルギーを電気エネルギーに変換できる太陽^(e)電池がつくられており、^(f)持続可能な社会を実現する上で重要な技術である。

問 1 文中の 、 にあてはまる数値を答えよ。

問 2 下線部(a)に関して、金属が展性や延性を示す理由を答えよ。

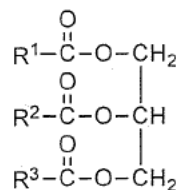
問 3 下線部(b)に関して、固体中の不純物を除き精製する方法に関して、以下の問に答えよ。

- (1) 80℃の硫酸銅(II)の飽和水溶液 100 g を 20℃まで冷却すると、硫酸銅(II)五水和物の結晶は何 g 析出するか有効数字 2 桁で求め、計算過程も含め答えよ。ただし、水に対する硫酸銅(II)の溶解度は、20℃で 20、80℃で 56 [g/水 100 g] とする。
- (2) 温度による溶解度の変化が少ない物質を、溶媒に溶けた状態から精製して純粋な化合物を得るためにはどのような工夫をすると良いか、理由とともに述べよ。

- 問4 下線部(c)に関して、15族元素の水素化物である NH_3 , PH_3 , AsH_3 を沸点の低いものから高いものの順に並べよ。
- 問5 下線部(d)に関して、 BF_3 の電子式を示せ。
- 問6 下線部(e)に関して、二次電池であるニッケル-カドミウム電池は、正極に酸化水酸化ニッケル(III)を、負極にカドミウムを用い、電解液に水酸化カリウム水溶液を用いている。ニッケル-カドミウム電池の正極および負極で起こるそれぞれの反応を e^- を含む反応式で示せ。
- 問7 下線部(f)に関して、次世代エネルギーとして、水素が注目されている。触媒を用いて、メタンのような炭化水素と水蒸気を反応させて、水素を得る水蒸気改質が行われている。メタンと水蒸気を反応させて水素を得る反応の化学反応式を示せ。

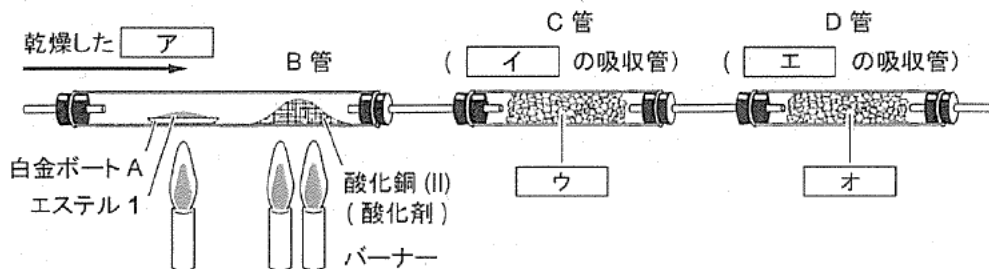
問題 III

互いに異なる炭化水素基 R^1 , R^2 , R^3 をもつエステル **1** (分子量 274) がある。 R^1 , R^2 , R^3 は, その炭素鎖に枝分かれをもたない。ここで, アルコール R^1OH , R^2OH , R^3OH を考えたとき, これらはいずれも第一級アルコールとなる。問 1 ~ 問 4 に答えよ。



エステル **1**

問 1 正確に秤量したエステル **1** に含まれる炭素と水素の質量を, 図の装置を使って元素分析で求める手順を説明せよ。説明に必要なならば, 図に含まれる語句を適宜使用してよい。なお, 説明には ア ~ オ に当てはまる適切な物質名を含めよ。



図

問 2 エステル **1** の元素分析を行ったところ, 成分元素の質量百分率は炭素 57.0%, 水素 8.0%, 酸素 35.0%であった。次の問に答えよ。

(1) エステル **1** の分子式を答えよ。

(2) エステル **1** として考えられる構造はいくつあるか, 炭化水素基 R^1 , R^2 , R^3 の構造と, 結論に至った過程もあわせて答えよ。鏡像異性体がある場合は, これらは互いに異なる 2 つの構造として数えよ。

- 問3 1.00 g のエステル 1 を完全に加水分解して、カルボン酸の塩とグリセリンとしたい。必要な水酸化カリウムの質量 [mg] の数値を有効数字 3 桁で求め、計算過程も含め答えよ。
- 問4 濃硫酸存在下、濃硝酸とグリセリンからニトログリセリンを合成する反応の化学反応式を示せ。化学反応式に、硫酸は含めなくてよい。化学反応式において、グリセリンとニトログリセリンは構造式または示性式で示せ。