

本科 1 期 5 月度

解答

Z会東大進学教室

難関大化学／難関大化学 T



4章 希薄溶液の性質②・コロイド

問題

■演習

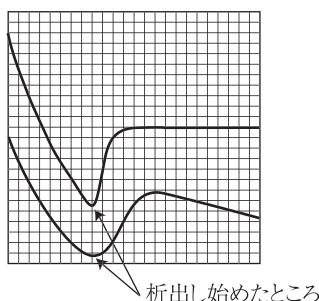
【1】

解答

問1 試料全体の温度を均一にするため。

問2 不純物が溶けこんでいると、純溶媒に比べ凝固点が低くなるので、凝固点の高い#1が高純度ベンゼンと判断できる。

問3



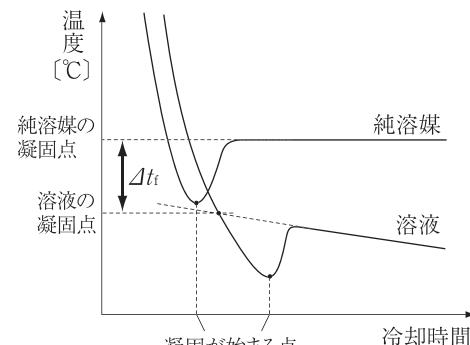
問4 質量モル濃度； $6.0 \times 10^{-2} \text{ mol/kg}$ モル分率； 4.7×10^{-3}

解説

■冷却曲線と過冷却

右図のように、物質から熱を奪っていくときの温度の変化を、温度－時間の関係図によって示した曲線を冷却曲線という。純粋な溶媒でも、溶液でも、均一にゆっくり冷却していくと、本来の凝固点以下になっても結晶が析出しない現象がみられる。これを過冷却という。純水では、最大で -12°C まで過冷却の状態に保つことができる。この「凍りたくても凍れない状態」ともいすべき過冷却の液体に衝撃や結晶の一部を加えると、急速に凝固が始まり、温度が上昇する。温度が上昇するのは、凝固が発熱の変化であるためである。純粋な溶媒では、凝固点まで温度が上昇し、その後は、すべて凝固するまで溶液の温度は一定に保たれる。

溶液でも、過冷却が起こり、純粋な溶媒と同様に、凝固が始まると温度は急激に上昇する。ただし、一定の温度に達した後、溶液の温度は次第に下降する（この点が純粋な溶媒と異なる）。これは、溶液を冷却すると、溶媒のみが凝固するので、溶液の濃度が増加し、そのた



めに凝固点降下度が大きくなるためである。よって、溶液の凝固点は、冷却曲線を作成し、凝固した後の冷却曲線の延長線と凝固する前の冷却曲線の交点が該当する。

■溶液の凝固点降下

溶液の凝固点は、純粋な溶媒の凝固点より低くなる。この現象を溶液の凝固点降下という。これは、溶液では溶媒分子の間に溶質粒子が介在するため、溶媒分子どうしが結合しにくくなるためと考えることができる。溶液の凝固点降下度 Δt_f [K] は、非電解質の希薄溶液では、溶液の質量モル濃度 m [mol/kg] に比例する。比例定数は溶媒に固有の値で、モル凝固点降下 K_f とよばれる。

$$\Delta t_f = K_f \times m$$

質量モル濃度は、一定量の溶媒に対する溶質の物質量を表している。したがって、質量モル濃度が大きいほど、すなわち溶質が多いほど、溶媒は凝固しにくいということを上の式は示している。なお、電解質の場合は、沸点上昇と同様に、電離した後のイオンの総物質量で考えればよい。

問1 試料をゆっくりと均一に冷却するためである。

問4 凝固点降下度は、溶質粒子の質量モル濃度に比例することより

$$(\text{凝固点降下度}) = (\text{モル凝固点降下}) \times (\text{溶質粒子の質量モル濃度})$$

高純度ベンゼンの凝固点は 2.10°C 、粗製ベンゼンの凝固点は 1.80°C であるから、質量モル濃度を m [mol/kg] とすると、次式が成り立つ。

$$2.10 - 1.80 = 5.0 \times m$$

$$\therefore m = 6.0 \times 10^{-2} \text{ [mol/kg]}$$

モル分率とは、全成分の物質量に占める、ある成分の物質量の割合である。ベンゼン(分子量 78) 1kg (1000g) の物質量は、 $\frac{1000}{78} = 12.8$ [mol] であるから、不純物のモル分率は、

溶媒(ベンゼン) 1 kg あたりについて考えて

$$\frac{6.0 \times 10^{-2}}{12.8 + 6.0 \times 10^{-2}} = 4.66 \times 10^{-3}$$

【2】

解答

問1 61

問2 0.79g

問3 7.9×10^{-2} mol/L

解説

問1 溶質Xの分子量をMとすると、 0.60g のXの物質量は $\frac{0.60}{M}$ molである。ファントホップの式より

$$2.5 \times 10^3 = \frac{\frac{0.60}{M}}{\frac{100}{1000}} \times 83 \times (273 + 32)$$

$$\therefore M = 60.7$$

問2 液面の高さが一致したことより、硫酸銅(II)水溶液の浸透圧も $2.5 \times 10^3\text{hPa}$ であることかわかる。電解質溶液の浸透圧は、電離後の溶質粒子の数で決まる。無水硫酸銅(II)CuSO₄(式量160)の場合は、CuSO₄ → Cu²⁺ + SO₄²⁻と完全電離して溶質粒子の数は電離前の2倍になるので、加えた無水硫酸銅(II)の質量をx [g] とすると、ファントホップの式より

$$2.5 \times 10^3 = \frac{\frac{x}{160} \times 2}{\frac{100}{1000}} \times 83 \times (273 + 32)$$

$$\therefore x = 0.790 \text{ [g]}$$

問3 浸透圧が等しくなっているA側とB側の溶液で、B側に水を加えると、B側の濃度が低くなる。すると、A側の方が浸透圧が大きくなるので、これを打ち消す方向に、溶媒である水が半透膜を通ってA側に移動し、再びA側とB側の浸透圧が等しくなる。すなわち、溶質粒子のモル濃度が等しくなる。

水を加える前のA側とB側の溶質粒子の物質量は等しいので、A、Bとも、水が

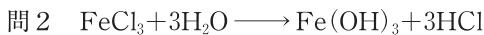
$\frac{50}{2} = 25\text{mL}$ 増加したところでつり合う。したがって、Xのモル濃度は

$$\frac{\frac{0.60}{60.7}}{(100 + 25) \times 10^{-3}} = 7.90 \times 10^{-2} \text{ [mol/L]}$$

【3】

解答

問1 a ; 10^{-5} b ; チンダル現象 c ; ブラウン d ; 疎水 e ; 凝析
f ; 親水 g ; 塩析 h ; 電気泳動 i ; 赤褐 j ; 透析



問3 現象；白色沈殿を生じる



解説

問1 コロイドに関する基本事項を以下に示しておく。

コロイド

直径 $10^{-7} \sim 10^{-5}\text{cm}$ ($1 \sim 100\text{nm}$) 程度の粒子をコロイド粒子という (1個のコロイド粒子には $10^3 \sim 10^9$ 程度の原子が含まれている)。コロイド粒子が分散している状態をコロイド、コロイド粒子を含む溶液をコロイド溶液という。

コロイド溶液の性質（1）粒子の大きさに関連した性質

チンダル現象 コロイド溶液にレーザー光など細い光線を当てると、光の通路が明るく輝いて見える現象。コロイド粒子によって光が散乱するために起こる。

ブラウン運動 限外顕微鏡 (側方から光を当てて、チンダル現象を利用したもの) によってコロイド粒子を観察すると、コロイド粒子のふるえるるような不規則な運動が観察される。これを発見者の名前をとってブラウン運動という (ブラウンはイギリスの植物学者)。熱運動をしている溶媒分子がコロイド粒子にぶつかるために起こる現象である (コロイド粒子自体の熱運動によるものではないことに注意)。

透析 セロハン膜などの半透膜を用いると、コロイド溶液中から、コロイド粒子以外の小さな分子やイオンを除去することができる。この操作を透析という。

コロイド溶液の性質（2）粒子の帯電に関連した性質

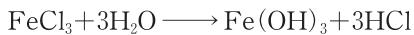
コロイド粒子は、表面が正や負に帯電している。そのため、互いに一定の距離以内には近づけないので、溶液中で凝集せずに分散した状態を保つことができる。

電気泳動 コロイド溶液に電極を差し込み、直流電源に通じると、正に帯電したコロイド粒子は陰極へ、負に帯電したコロイド粒子は陽極へ向かって移動する。この現象を電気泳動という。

凝析 疎水コロイドに少量の電解質を加えると、コロイド粒子が沈殿する現象。帯電しているコロイド粒子が、それと反対符号の電荷をもつイオンの影響によって互いに近づくことができるようになり、粒子間の引力が働くことにより起こる。

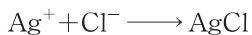
塩析 …親水コロイドに多量の電解質を加えると、コロイド粒子が沈殿する現象。親水コロイドは親水基をもっており、これに水分子が結合し、水和によって粒子が安定に分散している。多量の電解質を加えると、水和している水分子が、電解質のイオンと引きついで、水和していた水が除かれることによって起こる。たとえば、卵白水溶液に飽和硫酸アンモニウム水溶液を加えると、タンパク質が白色の沈殿として分離される。このようにして、ある特定のタンパク質を分離することができる。

問2、問3 純水100mLを沸騰させ、これに塩化鉄(Ⅲ)の飽和水溶液2mL程度を加えると、溶液は赤褐色になる(塩化鉄(Ⅲ)水溶液は黄褐色)。これは、次の反応により、水酸化鉄(Ⅲ)のコロイドが生じたためである。



冷水に FeCl_3 の飽和水溶液を加えても、単に希釈されるだけで上記の反応は起こらないが、沸騰水だと水酸化鉄(Ⅲ)のコロイドを生じる。これは、中和の反対、つまり一種の塩の加水分解が起こっていると考えられる。中和反応は発熱反応なので、逆の反応は吸熱反応、したがって、加熱によってこの反応は起こりやすくなる(無論、塩の水溶液を加熱すれば、すべてとの酸と塩基にもどるわけではない。ここでは、 Fe(OH)_3 がコロイド粒子になるため、反応が進む)。

下線部②の操作は、透析である。 Fe(OH)_3 のコロイド粒子は、半透膜を通過できないが、 H^+ や Cl^- は半透膜を通過することができる。そのため、ビーカー内の水溶液には、 H^+ と Cl^- が存在する。ここに硝酸銀水溶液を加えると、直ちに塩化銀の白色沈殿が生じる。



また、メチルオレンジ溶液を加えると、 H^+ のために橙赤色になる。

添削課題

解答

問1 ア；低く イ；減少 ウ；高く エ；質量モル オ；低く

問2 62

問3 a ; 100.78°C b ; 100.78°C

問4 52g

解説

問1 溶質が不揮発性物質である溶液の蒸気圧は、純溶媒よりも低くなる(蒸気圧降下)。そのため、(外圧(大気圧))=(蒸気圧)になる温度(沸点)は、純溶媒よりも溶液の方が高くなる(沸点上昇)。また、溶質と溶媒の間に相互作用が働くため、凝固する温度は純溶媒のときよりも低くなる(凝固点降下)。

問2 両者の水溶液の凝固点が同じ(凝固点降下度が同じ)なので、溶液の質量モル濃度も同じである。よって、ある非電解質の分子量を M とすると、次式が成り立つ。

$$\frac{0.62}{M} \times \frac{1000}{100} = \frac{9.0}{180.0} \times \frac{1000}{500}$$

$$\therefore M=62$$

問3 沸点上昇度は以下の式で与えられる。

$$\Delta t_b = K_b \times m$$

Δt_b : 沸点上昇度[K], K_b : モル沸点上昇[K·kg/mol], m : 質量モル濃度[mol/kg]

※ただし、電解する物質の場合は、溶質粒子(分子とイオン)の総数で考える。

a 塩化マグネシウムが電離すると3つのイオンになるから($MgCl_2 \rightarrow Mg^{2+} + 2Cl^-$)、 0.50mol/kg の $MgCl_2$ 水溶液に含まれる溶質粒子(イオン)の濃度は、 $(0.50 \times 3)\text{mol/kg}$ である。よって、沸点を t_b [°C] とすると、次式が成り立つ。

$$(t_b - 100) = 0.52 \times (0.50 \times 3)$$

$$\therefore t_b = 100.78 \text{ [°C]}$$

b グルコースは非電解質であるから、溶質粒子の濃度は 1.5mol/kg である。よって、沸点を t_b [°C] とすると、次式が成り立つ。

$$(t_b - 100) = 0.52 \times 1.50$$

$$\therefore t_b = 100.78 \text{ [°C]}$$

問4 必要なグルコース(分子量 180.0)の質量を w [g] とすると、ファンントホッフの式より以下の関係が成り立つ。

$$7.5 \times 10^5 = \frac{\frac{w}{180.0}}{\frac{1000}{1000}} \times (8.3 \times 10^3) \times (273 + 37)$$

$$\therefore w = 52.4 \text{ [g]}$$