

問題32：凝固点降下による分子量の決定

はじめに

気体の密度の正確な測定は、19世紀に気体化合物の分子量の決定のために用いられた。しかしながら、液体や固体の化合物に対しては、いわゆる束一的性質が用いられなければならなかった。ここでは、凝固点降下を使って、いかに19世紀の化学者達が未知の化合物の分子量を見積もり、決定された実験式に基づいて分子式を決定したのかを示す。また、凝固点降下は、電解質の解離におけるアレニウスの理論を検証するためにも用いられる。

Materials (用意する材料)

氷、塩化ナトリウム、未知の化合物A (グルコース)、未知の化合物B (スクロース)

Apparatus (装置)

温度計またはデジタル温度計 (0.1°C精度)、ビーカー、試験管、針金 (かき混ぜ棒)

Procedure (方法)

1. ビーカー中の氷水に十分な塩化ナトリウムを加えて、氷水の温度が約-8 ~ -10°Cになるようにせよ。必要に応じて氷と塩化ナトリウムをさらに加えて、この温度が維持されるようにせよ。
2. 数ミリリットルの水を直径2~3 cm程度の試験管に加えよ。試験管の中に、温度計もしくはデジタル温度計、混合を促進するために一方の端をリング状にして折り曲げたかき混ぜ棒を入れよ。その後、試験管の下半分程度を1. で準備した氷水槽の中に浸す。試料の水をかき混ぜ棒で激しくかくはんしながら、約10分程度、温度変化を観察せよ。温度は最初急激に減少して過冷却温度にまで達し、その後凝固点にむかってやや増加に転ずるはずである。最終的に凝固点では温度が一定となる。ここでの水の凝固点で、温度計またはデジタル温度計を0°Cに校正せよ。
3. 1.00及び2.00重量モル濃度の塩化ナトリウム水溶液を用意せよ。上記と同様な手順に従ってこれらの水溶液の凝固点を決定せよ。3つの測定点 (最初のゼロ温度補正した値 (つまり濃度0)、1.00及び2.00重量モル濃度の溶液の値) を用いて、重量モル濃度に対する凝固点の変化のグラフを描け。傾きから水の (モル) 凝固点降下 K_f と塩化ナトリウムのファントホッフ係数 i の値を決定せよ。

$$-\Delta T_f = K_f m i$$

4. 80 gの水に20 gの未知化合物Aを溶解せよ。また、80 gの水に20 gの未知化合物Bを溶解せよ。これらの溶液の凝固点降下度を求め、重量モル濃度をそれぞれ計算せよ。
5. 計算した重量モル濃度と1,000 gの溶媒 (水) に溶けている化合物のグラム数から両方の

化合物の分子量を計算せよ。

6. 元素分析により化合物は単純な炭水化物であることが示された。両方の化合物の炭素(C)、水素(H)、酸素(O)の質量パーセントは実験誤差内でほとんど同じであった。(C: 40~42%, H: 6~7%, O: 51~54%)。化合物A、Bの分子式をそれぞれ示せ。