



第6回 科学の甲子園 全国大会

実技競技①「袋田の滝の凍結」

問題

■注意事項

1. 競技開始の合図があるまでは、問題冊子や実験の手引きは開かないこと。
2. 競技開始の合図があったら、解答用紙の所定の欄に、学校名、チーム番号などを記入すること。
3. 本競技では、化学の実験を行う。実験中は保護めがね、白衣を着用し、安全に十分配慮しながら実験を行うこと。なお、実験用手袋とマスクも用意してあるので、希望者は着用すること。
4. 実験は「実験の手引き」に記載されている「実験方法と実験の流れ」に従って行うこと。
5. 実験で使用する試薬類や器具類は注意して取り扱うこと。試薬などの追加補充は原則できないので、使用量を考えながら実験を行うこと。
6. 実験では高温の湯や溶液を扱うので、やけどをしないように、十分注意して実験を行うこと。
7. 競技中に気分が悪くなったり、トラブルになったりしたときは、すぐに競技支援員に申し出ること。トイレに行くときも同様である。
8. 競技中に問題冊子や実験の手引きの落丁や乱丁、試薬類や器具類の不足・不具合などに気づいたときは、競技支援員に申し出ること。
9. 競技中の質問は受け付けない。
10. 競技終了の合図があるまでは、競技支援員の許可なしに、会場から出ないこと。

次の文章を読み、以下の課題 1～課題 4 に答えよ。

純粋な水は 1 気圧 (1.013×10^5 Pa) のもとでは 0°C で凝固する。しかし、溶媒の水に食塩やグルコースなどの溶質を溶かした水溶液は、 0°C より低い温度にしなければ凝固しない。

一般に、不揮発性の溶質を溶媒に溶かした希薄溶液の凝固点は、純粋な溶媒の凝固点より低くなる。この現象を凝固点降下という。また、純粋な溶媒の凝固点と希薄溶液の凝固点の差を凝固点降下度と呼び、絶対温度の単位 [K] (ケルビン) で表す。

凝固点降下度は、溶液の濃度を、溶媒 1 kg に溶けている溶質の物質質量 [mol] で表した質量モル濃度 [mol/kg] に比例し、比例定数をモル凝固点降下 [K·kg/mol] という。

したがって、凝固点降下度 Δt は、モル凝固点降下 K_f 、質量モル濃度 m を用いて、①式のように表すことができる。

$$\Delta t = K_f \cdot m \quad \cdots \cdots \text{①}$$

さらに、質量モル濃度 m は、溶媒の質量 W [kg]、溶質の質量 w [g]、溶質のモル質量 M [g/mol] を用いると、②式のように表すことができる。ただし、溶質が電解質の場合、質量モル濃度は溶液中に存在するすべての化学種の和となる。

$$m = \frac{w}{M} \times \frac{1}{W} \quad \cdots \cdots \text{②}$$

この競技では、「実験の手引き」8～10 ページの「3. 実験方法と実験の流れ」により、ビフェニル $\text{C}_{12}\text{H}_{10}$ (図 1) を溶媒とし、2 種類の未知の物質 X, Y を溶質とした溶液の凝固点を測定する実験を行い、X, Y を同定する。

なお、ビフェニルを溶媒としたときのモル凝固点降下を $K_f = 7.8 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ とする。

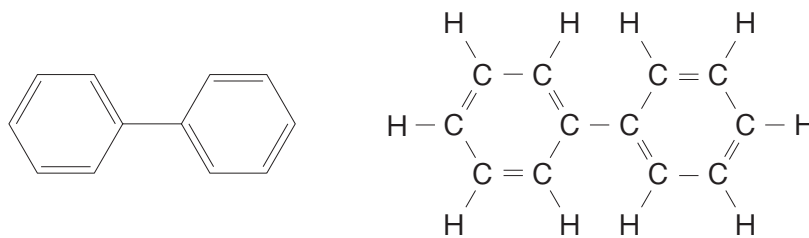


図 1 ビフェニルの構造式 (左は簡略な表記)

課題 1

- (1) 融解したビフェニルを室温で放冷し、冷却時間に対するビフェニルの温度の変化を測定せよ。また、測定データから、冷却時間(横軸)と温度(縦軸)の関係を表す冷却曲線を作成し、ビフェニルの凝固点〔℃〕を小数第1位まで決定せよ。
- (2) ビフェニルに異なる量の未知物質Xを溶かし、それらの溶液を室温で放冷して、冷却時間に対する溶液の温度変化を測定せよ。また、測定データから冷却曲線を作成し、それぞれの濃度の溶液について、凝固点〔℃〕を小数第1位まで求めよ。

課題 2

- (1) 課題 1 (1)と同様の測定を行ってビフェニルの冷却曲線を作成し、凝固点〔℃〕を小数第1位まで決定せよ。
- (2) 未知物質Yについて、課題 1 (2)と同様の測定を行って冷却曲線を作成し、それぞれの濃度の溶液について、凝固点〔℃〕を小数第1位まで求めよ。

課題 3

- (1) 未知物質X, Yそれぞれについて、溶かした質量(横軸)と凝固点降下度(縦軸)の関係を表すグラフを作成せよ。
- (2) 上記(1)のグラフから、X, Yを同定せよ。ただし、未知物質X, Yは図2に示した、グルコース(分子式 $C_6H_{12}O_6$)、安息香酸($C_7H_6O_2$)、ナフタレン($C_{10}H_8$)、カンファー($C_{10}H_{16}O$)、アントラセン($C_{14}H_{10}$)、ステアリン酸($C_{18}H_{36}O_2$)のいずれかであり、原子量はH 1.0, C 12, O 16とする。
- (3) 上記(2)で同定した根拠を述べよ。

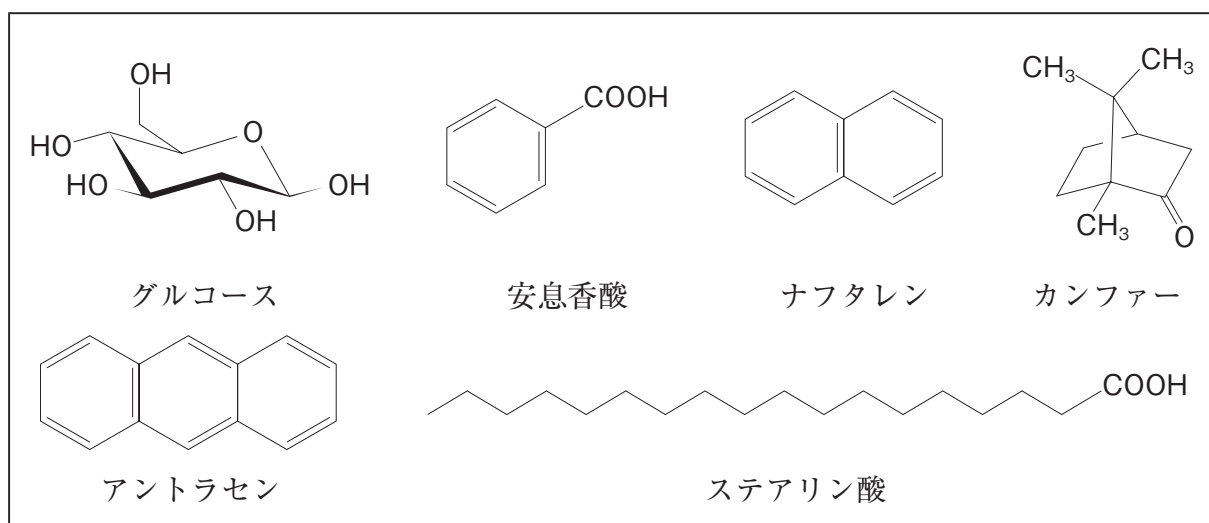


図2 未知物質候補の構造式

課題 4 この実験の結果や観察したことについて考察せよ。

採点および順位の決定方法について

1. 本競技では、課題 1～課題 4 について、解答用紙に記載された実験結果や冷却曲線などのグラフ、未知物質を同定した結果や根拠、考察などを総合的に評価して、240 点満点で採点する。
2. 合計得点が 1 位または 2 位のチームが複数ある場合には、課題 3 の得点が高い方のチームを上位として、1 位、2 位を決定する。
3. 上記によっても決まらない場合は、課題 3 (3)、課題 4 の順に評価して、1 位、2 位を決定する。
4. 3 位以下は同順位のままとする。