

前回(2011-06-29)の「状態変化の確認問題」の解答

350.0 mL のエタノール C_2H_5OH を 1013 hPa において 25 °C から加熱して行き、全量を蒸発させるために必要な熱エネルギーを計算せよ。H, C, O のモル質量はそれぞれ 1.0 g mol⁻¹, 12.0 g mol⁻¹, 16.0 g mol⁻¹ とする。エタノールの沸点は 78 °C, この温度におけるエタノールの蒸発熱は 393 kJ kg⁻¹, 液体のエタノールの密度は 0.789 g cm⁻³, モル比熱は 111 J mol⁻¹ K⁻¹ とせよ。

どうやって解けばよいか? → (1) 25 °C から 78 °C までの温度変化に必要な熱エネルギーと, (2) 78 °C において蒸発させるために必要な熱エネルギーをそれぞれ計算して, 最後に足せばよい。

エタノールは 350 mL という体積で与えられているので, これを質量に換算する。そのために密度を使う。1 cm³ = 1 mL で換算する。

$$\begin{aligned} \text{質量} &= (\text{密度})(\text{体積}) \\ &= (0.789 \text{ g mL}^{-1})(350.0 \text{ mL}) \\ &= 276.15 \text{ g} \end{aligned}$$

このエタノールを 25°C から 78°C まで温度上昇させるために必要な熱エネルギー量を求める。

温度変化は次のとおりである。

$$\text{温度変化} = 78^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 53 \text{ K}$$

C_2H_5OH のモル質量は, 46.0 g mol⁻¹ である。

これを用いて, モル比熱を比熱に換算する。

$$\begin{aligned} 111 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} &= (111)(1 \text{ J}) / \{(1 \text{ mol})(1 \text{ K})\} \\ &= (111)(1 \text{ J}) / \{(46 \text{ g})(1 \text{ K})\} \\ &= (111/46) \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1} \\ &= 2.413 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1} \\ &= 2.413 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{熱エネルギー} &= (\text{比熱})(\text{質量})(\text{温度変化}) \\ &= (2.413 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1})(276.15 \text{ g})(53 \text{ K}) \\ &= (2.413 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1})(0.27615 \text{ kg})(53 \text{ K}) \\ &= 35.3 \text{ kJ} \text{ -----(1)} \end{aligned}$$

次に沸点において蒸発させるために必要な熱エネルギーを計算する.

$$\begin{aligned}\text{熱エネルギー} &= (\text{蒸発熱})(\text{質量}) \\ &= (393 \text{ kJ kg}^{-1})(0.276 \text{ kg}) \\ &= 108.5 \text{ kJ} \text{ -----(2)}\end{aligned}$$

(1)と(2)を合計すると次のようになる.

$$35.3 \text{ kJ} + 108.5 \text{ kJ} = 143.8 \text{ kJ} = \underline{1.4 \times 10^2 \text{ kJ}} \quad \leftarrow \text{有効数字 2 桁}$$

(1)は次のように求めてもよい(こっちのほうがわかりやすい).

モル質量を用いて, エタノールの物質量を求める.

$$\begin{aligned}\text{物質量} &= \text{質量}/\text{モル質量} \\ &= 276.15 \text{ g}/46.0 \text{ g mol}^{-1} \\ &= 6.003 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{熱エネルギー} &= (\text{比熱})(\text{質量})(\text{温度変化}) \\ &= (\text{モル比熱})(\text{物質量})(\text{温度変化}) \\ &= (111 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(6.003 \text{ mol})(53 \text{ K}) \\ &= 35\,316 \text{ J} \\ &= 35.3 \text{ kJ} \text{ -----(1)'}\end{aligned}$$

- cm^3 , dm^3 , m^3 , L, の換算を誤ると 3 桁, 6 桁, 9 桁, それ以上のミスを犯す.
- 蒸発熱はモル蒸発熱と区別する. モル比熱は比熱と区別する. 質量で考えるか物質量で考えるかの違いである. 必要があれば与えられた条件から単位換算する.
- 乗算における有効数字はもっとも桁数の少ないものにあわせる. 今回は温度が 2 桁で与えられているので最終的に 2 桁で答える. そのためには途中計算を 3 桁以上で進めて行き, 最後に四捨五入して 2 桁に丸め込む.