

Задача 6.

Коллигативными свойствами растворов называют такие свойства, которые зависят только от суммарного числа растворенных частиц и не зависят от их природы. К числу таких свойств относят криоскопический эффект – понижение температуры замерзания раствора по сравнению с температурой замерзания чистого растворителя. Такое понижение температуры можно рассчитать по формуле

$$\Delta T = K m,$$

где K - криоскопическая константа растворителя, а m – моляльная концентрация вещества, (моль/кг), представляющая собой количество растворённого вещества в 1 кг чистого растворителя.

1) В 200 мл воды растворили 24 г изопропилового спирта C_3H_7OH . Оказалось, что температура замерзания такого раствора составила $T_{\text{зам}} = -3,72^\circ\text{C}$. Рассчитайте криоскопическую константу воды.

2) Температура замерзания другого водного раствора изопропилового спирта составила $T_{\text{зам}} = -9,30^\circ\text{C}$. Вычислите массовую долю изопропилового спирта в этом растворе.

3) При растворении в 500 г воды 29,25 г поваренной соли получили раствор, температура замерзания которого составила $T_{\text{зам}} = -3,72^\circ\text{C}$. Как можно объяснить такое значительное снижение температуры замерзания раствора поваренной соли? К открытию какого явления привели подобные опыты с растворами неорганических веществ в конце XIX века?

4) В одинаковом количестве воды растворили равные массы серной кислоты и бромида аммония. Температура замерзания какого раствора ниже и почему?

5) Приведите пример проявления криоскопического эффекта в природе или в деятельности человека.

Вариант решения

1. Так как плотность воды 1 г/мл, то масса взятой воды $m(\text{H}_2\text{O}) = V \cdot \rho = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$.

$\nu(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})/M(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 24/60 = 0,4 \text{ моль}$.

Тогда моляльность раствора $m = \nu(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})/m(\text{H}_2\text{O}) = 0,4/0,2 = 2 \text{ моль/кг}$.

Так как температура замерзания чистой воды 0 °С, то $\Delta T = 3,72 \text{ °С}$.

Криоскопическая константа воды $K = \Delta T/m = 3,72/2 = 1,86 \text{ (град*кг/моль или К*кг/моль)}$

Оценивание

Определено количество спирта – 1 балл, определена моляльность раствора - 2 балла, определена криоскопическая константа - 1 балл, всего 4 балла за пункт 1.

2. $\Delta T = 9,3 \text{ °С}$. Найдем моляльность второго раствора

$m = \Delta T/K = 9,3/1,86 = 5 \text{ моль/кг}$.

По определению моляльности в 1 кг чистой воды растворено $\nu(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 5 \text{ моль}$ изопропилового спирта.

$m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = \nu(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) \cdot M(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 5 \cdot 60 = 300 \text{ г}$.

Тогда масса всего раствора составляет

$m(\text{раств.}) = m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) + m(\text{H}_2\text{O}) = 1000 + 300 = 1300 \text{ г}$.

Массовая доля растворенного вещества тогда

$\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})/m(\text{раств.}) \cdot 100\% = 23,08\%$. Возможно и другое математическое оформление верного решения.

Оценивание

Определена моляльность раствора – 1 балл, найдено количество вещества спирта в растворе - 2 балла, определена масса спирта – 1 балл, найдена масса модельного раствора – 1 балл, определена массовая доля спирта – 1 балл. Всего максимально 6 баллов за пункт 2. Любое другое решение, приведшее к верному ответу, – 6 баллов. Если получен неверный ответ только из-за использования неверной криоскопической константы – максимально 5 баллов.

3. $\Delta T = 3,75 \text{ °С}$. $m(\text{H}_2\text{O}) = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$.

$\nu(\text{NaCl}) = m(\text{NaCl})/M(\text{NaCl}) = 29,25/58,5 = 0,5 \text{ моль}$.

Тогда моляльность раствора $m = \nu(\text{NaCl})/m(\text{H}_2\text{O}) = 0,5/0,5 = 1 \text{ моль/кг}$.

Ожидаемое снижение температуры замерзания раствора

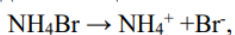
$\Delta T = K m = 1,86 \text{ °С}$.

В реальности же снижение температуры замерзания вдвое больше. Так как криоскопический эффект - явление коллигативное, то значит, что в растворе оказалось вдвое большее число частиц, что может быть объяснено только диссоциацией соли. В том числе эксперименты по замерзанию растворов неорганических веществ (солей, кислот, оснований) привели к появлению теории электролитической диссоциации.

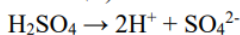
Оценивание

Определена моляльность раствора - 1 балл, определено ожидаемое снижение температуры замерзания (температура замерзания раствора) – 1 балл, сделан вывод об увеличении числа частиц в растворе - 2 балла, ответ про открытие теории диссоциации – 1 балл, всего за пункт максимально 5 баллов

4. Можно отметить, что молярные массы серной кислоты и бромид аммония равны (98 г/моль). Следовательно, при равных массах навесок и равных количествах воды моляльности растворов будут равны. Однако бромид аммония диссоциирует в растворе на две частицы



а при диссоциации серной кислоты частиц образуется больше (если упрощенно считать диссоциацию серной кислоты по II ступени проходящей количественно, то на три частицы)



Таким образом, снижение температуры замерзания раствора в случае серной кислоты сильнее, а температура замерзания ниже.

Оценивание

За правильный вывод с обоснованием максимально 4 балла, если совсем без обоснования 0,5 балла, если указано равенство моляльностей 2 балл, если указано на разное число частиц при диссоциации веществ- 1 балл.

5. В природе – соленая морская вода замерзает при более низкой температуре, чем пресная (больше моляльность растворенных солей). В быту – для борьбы с гололедом дороги посыпают неорганическими реагентами, температура замерзания полученной лёдо-солевой смеси сильно падает, лёд тает. Принимаются и другие имеющие смысл примеры.

Оценивание

1 балл за любой имеющий смысл пример

Всего 20 баллов