

## Физическая химия. Растворы

1. Теория – идеальный раствор: термодинамические функции и закон Рауля. Показать связь состава раствора с составом газа, зависимость  $y(x)$ . Если раствор неидеальный – закон Генри. Физический смысл криоскопии.

0) США, рег. этап, 2017.

Какой водный раствор кипит при самой высокой температуре?

- а) 1.0 М уксусная кислота
- б) 1.0 М серная кислота
- в) 1.0 М фосфорная кислота
- г) 1.0 М глюкоза

1) (Самая первая Всероссийская олимпиада, 1965, 8 класс). 100 кг раствора хлористого калия нагрели до  $100^\circ$  и упарили до начала кристаллизации. После охлаждения полученного раствора до  $20^\circ$  выделившиеся кристаллы хлорида калия отфильтровали, а оставшийся раствор вылили. Какой процент исходного хлористого калия был потерян при этом, если растворимость при  $20^\circ$  – 15,25%, а при  $100^\circ$  – 22,65%? Ответ. 61.46%.

2) (Самая первая Всероссийская олимпиада, 1965, 9 класс). При охлаждении насыщенного при  $70^\circ$  раствора сернокислой меди до  $0^\circ$  выделилось 150 г медного купороса. Какое количество медного купороса было взято для перекристаллизации, если при  $70^\circ$  в 100 г воды растворяется 31,4 г безводной соли, а при  $0^\circ$  – 12,9 г той же соли? Ответ. 236 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

3) (ТМХ) Температура кипения смеси вода-нафталин (несмешивающиеся жидкости) при давлении 97.7 кПа равна  $98.0^\circ\text{C}$ . Давление пара воды при этой температуре равно 94.3 кПа. Рассчитайте массовую долю нафталина в дистилляте. Ответ. 20.4%.

4) (ТМХ) Константы Генри для кислорода и азота в воде при  $25^\circ\text{C}$  равны  $4.40 \cdot 10^9$  Па и  $8.68 \cdot 10^9$  Па соответственно. Рассчитайте состав (в %) воздуха, растворенного в воде при  $25^\circ\text{C}$ , если воздух над водой состоит из 80%  $\text{N}_2$  и 20%  $\text{O}_2$  по объему, а его давление равно 1 бар. Ответ. 2/3  $\text{N}_2$ .

5) (ТМХ) 3.13 г оранжевого бинарного вещества, при сгорании которого на воздухе образуются только газообразные при  $25^\circ\text{C}$  продукты, растворили в 79 г бензола. Температура замерзания такого раствора оказалась ниже температуры замерзания чистого бензола на  $1.10^\circ\text{C}$ . Определите состав данного вещества. Криоскопическая постоянная бензола равна  $5.12 \text{ K} \cdot \text{кг}/\text{моль}$ . Ответ.  $\text{S}_4\text{N}_4$ .

6) (США, фин. этап, 2015) Кристаллогидрат хлорида хрома имеет формулу  $\text{CrCl}_n(\text{H}_2\text{O})_m$ . При электролизе раствора соли током 1.24 А в течение 1310 с на катоде осадилось 0.292 г хрома. При осторожном нагревании навески соли массой 3.000 г при  $600^\circ\text{C}$  в течение продолжительного времени образовался остаток массой 1.783 г. Определите значения  $n$  и  $m$ .

Навеску соли массой 0.300 г растворили в 10 мл воды, добавили несколько капель раствора  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  и оттитровали 0.400 М раствором нитрата серебра до появления темно-красного окрашивания. Потребовалось 2.81 мл раствора  $\text{AgNO}_3$ . Определите структуру соли.

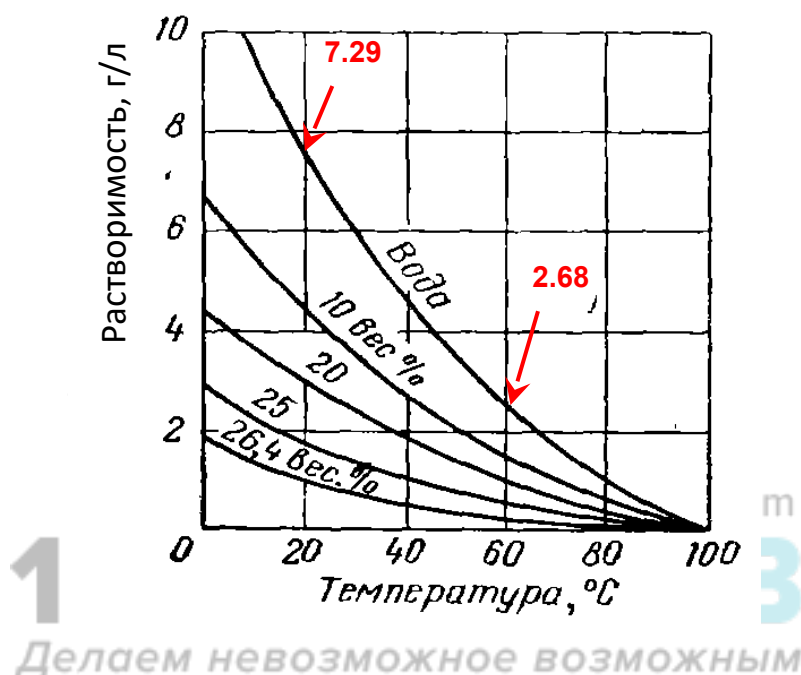
Ответ.  $[\text{CrCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

7) (ТМХ) В 100 мл воды растворили 892 мг вещества с брутто-формулой  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Температура замерзания полученного раствора оказалась ниже температуры замерзания чистой воды на  $0.187^\circ\text{C}$ . Сколько миллиграммов осадка выпадет при добавлении к данному

раствору избытка раствора нитрата серебра? Криоскопическая постоянная воды  $1.86 \text{ К} \cdot \text{кг}/\text{моль}$ .

### Растворы и гидраты

На графике приведена зависимость растворимости газа **X** в воде и растворах NaCl (в граммах на литр растворителя) от температуры при давлении 1 бар (100 кПа).



Известно, что при  $20^\circ\text{C}$  в одном объеме воды растворяется 2.5 объема **X**.

1. Установите формулу **X**.
2. Напишите уравнение взаимодействия **X** с водой. Объясните, почему добавление NaCl к воде уменьшает растворимость газа.
3. При каком примерно содержании NaCl в воде растворимость газа составит 1 объем **X** на 1 объем раствора NaCl при  $20^\circ\text{C}$ ?
4. Сколько граммов **X** выделится при нагревании 500 г насыщенного при  $20^\circ\text{C}$  раствора до  $60^\circ\text{C}$ ?
5. При охлаждении водного раствора **X** до температуры ниже  $9^\circ\text{C}$  из раствора выпадает белый осадок, содержащий 39.7% **X** по массе. Установите формулу осадка.