

**Задачи регионального тура олимпиады по химии 2017/2018 уч.г.  
10 класс**

- Выберите из приведённого ниже списка вещества, которые делают водный раствор **i**) кислым либо **ii**) щелочным:  $KCl$ ,  $H_2SO_4$ ,  $NH_3$ ,  $Ba(OH)_2$ ,  $CH_3OH$ ,  $C_2H_6$ ,  $CH_3COOH$ ,  $(CH_3CH_2)_3N$ ,  $NH_4Cl$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $NaNO_3$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ . *N.B.* За выбор вещества, водный раствор которого имеет нейтральную среду, будут сниматься баллы. (4)
  - Напишите уравнения реакций для оснований, выбранных в пункте **a) ii**), которые описывают основные свойства данных веществ в водном растворе. (4)
  - К  $1,0 \text{ дм}^3$  воды ( $pH = 7,0$ ) добавили  $1,0 \text{ см}^3$  концентрированного водного раствора  $HCl$  ( $11,65 \text{ M}$ ). **ii**) К  $1,0 \text{ м}^3$  воды ( $pH = 7,0$ ) добавили  $0,10 \text{ мкл}$  концентрированного водного раствора  $HCl$  кислоты ( $11,65 \text{ M}$ ). Рассчитайте молярную концентрацию ионов водорода в полученных растворах (моль/ $\text{дм}^3$ ). (3) **11 6**
- Для определения содержания  $MnO_2$  взяли  $0,324 \text{ г}$  минерала. Пробу измельчили и растворили в  $50,00 \text{ см}^3$  подкислённого раствора  $As_4O_6$  ( $0,02018 \text{ M}$ ), где  $MnO_2$  восстановился до  $MnSO_4$ . На титрование непрореагировавшего  $As_4O_6$  потребовалось  $10,65 \text{ см}^3$  раствора  $KMnO_4$  ( $0,0127 \text{ M}$ ).

  - Определите степени окисления мышьяка, марганца и серы в соединениях  $As_4O_6$ ,  $H_3AsO_4$ ,  $MnO_2$ ,  $KMnO_4$ ,  $MnSO_4$ . (3)
  - Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций: (2)
    - $MnO_2 + As_4O_6 + H_2O + H_2SO_4 \rightarrow H_3AsO_4 + MnSO_4$ ;
    - $KMnO_4 + As_4O_6 + H_2O + H_2SO_4 \rightarrow H_3AsO_4 + MnSO_4 + K_2SO_4$ .
  - Рассчитайте **i**) первоначальное число молей  $As_4O_6$ ; **ii**) число молей  $KMnO_4$ , которое потребовалось для титрования избытка  $As_4O_6$ ; **iii**) число молей  $MnO_2$  в пробе. (5)
  - Рассчитайте процентное содержание  $MnO_2$  в пробе по массе. (1) **11 6**

**3.** Рональд Уизли обработал соляной кислотой алюминиевую фольгу, а затем капнул на неё одну каплю ртути. На влажном воздухе образовался гидроксид алюминия.

- Зачем для образования  $Al(OH)_3$  было необходимо обработать фольгу соляной кислотой перед добавлением ртути? (1)
  - Каким образом ртуть способствовала образованию  $Al(OH)_3$ ? (1)
- Затем Рон растворил ртуть в азотной кислоте (реакция 1), получив монооксид азота, воду и соль **A**, содержащую по массе  $61,8\% \text{ Hg}$ ,  $29,6\% \text{ O}$  и  $8,6\% \text{ N}$ . Часть соли **A** он отделил вместе с азотной кислотой и добавил  $CH_3CH_2OH$  (реакция 2), получив соль **B** ( $70,5\% \text{ Hg}$ ,  $11,2\% \text{ O}$ ,  $8,4\% \text{ C}$ ). Кроме того, в реакции 2 образовались  $CH_3CHO$  и вода. К оставшейся части соли **A** он добавил раствор  $KSCN$  (реакция 3), получив соль **C** ( $63,3\% \text{ Hg}$ ,  $7,6\% \text{ C}$ ,  $8,8\% \text{ N}$ ).

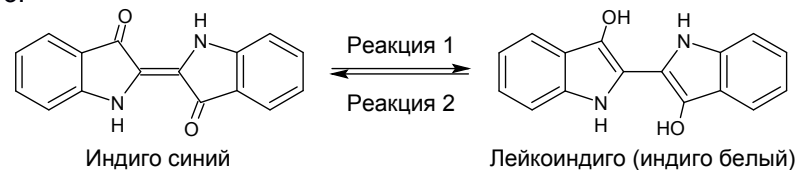
При нагревании соль **B** разложилась со взрывом, а при горении соли **C** образовалась "змея".

- С помощью расчётов определите формулы веществ **A**, **B** и **C**. (3)
- Напишите уравнения реакций 1–3, расставив коэффициенты. (5) **10 6**

**4.** Зимой обледеневшие дороги посыпают солью. В результате температура таяния льда понижается и он тает. Это можно объяснить коллигативными свойствами растворов, которые зависят от числа частиц растворённого вещества и массы растворителя. Криоскопическая постоянная воды ( $K$ ) равна  $1,86 \text{ К} \cdot \text{кг}/\text{моль}$ . Она характеризует понижение температуры замерзания одномолярного водного раствора (моль/кг). Понижение температуры замерзания можно рассчитать по формуле  $\Delta T = iKc_m$ , где  $c_m$  – это молярная концентрация растворённого вещества, а  $i$  – это коэффициент Вант-Гоффа, который показывает, сколько молей ионов даёт в раствор один моль растворённого вещества.

- Напишите уравнения диссоциации  $NaCl$  и  $CaCl_2$ . (2)
- Оцените температуру замерзания  $25\%$  раствора  $NaCl$ . (3)
- Оцените температуру замерзания  $25\%$  раствора  $CaCl_2$ . (3)
- Рассчитайте температуру замерзания  $25\%$  раствора  $CaCl_2$  учитывая, что один ион  $Ca^{2+}$  связывает с собой в среднем девять молекул воды из раствора, образуя таким образом одну большую частицу и уменьшая количество растворителя в растворе. (3) **11 6**

**5.** Индиго синий – это краситель, используемый для окраски одежды (например, джинсов). Индиго синий не растворяется в воде, поэтому с ним проводят химическую реакцию для получения лейкоиндиго (индиго белый). Лейкоиндиго растворим в воде и впитывается в ткань. На последнем этапе проводят обратную реакцию, чтобы опять получить синий индиго.



- Определите молекулярные формулы и напишите молярные массы индиго синего и индиго белого. (3)
- Перерисуйте структурные формулы белого и синего индиго в свою работу. Отметьте степень окисления атомов, изменяющихся в ходе описанных реакций свою степень окисления. (2)
- Какая из реакций, указанных на рисунке, является реакцией окисления, а какая – реакцией восстановления красителя? (1)
- Назовите разновидность межмолекулярного взаимодействия, которое обуславливает растворимость индиго белого в воде. (1) **7 6**

**N. B.** 6-я задача приведена на обратной стороне листа.

6-я задача объемнее предыдущих, однако все необходимые для решения данные приведены в тексте. Результаты 6-й задачи **не учитываются** при подведении итогов регионального тура, но будут учитываться при приглашении на заключительный тур химической олимпиады.

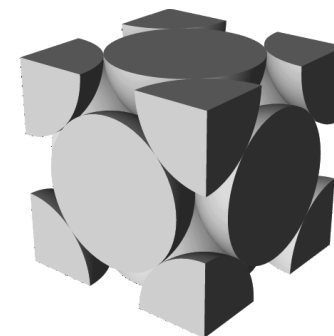
**6. Часть I.** Железо – это самый добываемый в мире металл. К сожалению его производство представляет собой очень энергоёмкий процесс, в ходе которого в атмосферу выбрасывается много углекислого газа. Традиционный способ производства железа – обработка углём минеральной руды, содержащей оксиды железа (1).

- а) Напишите суммарные формулы всех возможных двойных оксидов железа, где железо присутствует как в степени II, так и в степени III (т.н. оксиды железа(II, III)), и где атомов железа *меньше шести*. (2)
- б) Оксиды, где железо присутствует в более высокой степени окисления, нестабильны. Несмотря на это, удалось получить несколько солей, в которых степень окисления железа выше III:  $\text{Na}_2\text{FeO}_4$ ,  $\text{Na}_3\text{FeO}_4$ ,  $\text{Na}_4\text{FeO}_4$ . В воде эти соли разлагаются, образуя гидроксид железа(III), гидроксид натрия и одно простое вещество. Напишите и уравновесьте реакции разложения данных солей. (3)

Всё чаще при производстве железа вместо оксидов железа используют карбонат железа(II) и каменный уголь (2). В более экологически чистом варианте производства, в реакции 2 уголь заменяют водородом (3). В таком случае углекислый газ, выделяющийся в реакции 3, восстанавливают водородом в присутствии катализатора до  $\text{C}_4\text{H}_8$  (4). Водород производят путем каталитической конверсии природного газа с водяным паром (5) и в реакции угарного газа (CO) с водой (6). В реакциях 5 и 6 дополнительными продуктами являются соответственно угарный и углекислый газы.

- с) Напишите уравнения реакции 1–6. Предположите, что из оксидов железа для реакций используют только оксид железа(III), природный газ состоит только из метана, а каменный уголь – это чистый углерод. (3)
- д) Рассчитайте, во сколько раз больше  $\text{CO}_2$  возникает в ходе реакции 2 по сравнению с более экологически чистым процессом, описываемым реакциями 3–6. (1)

**Часть II.** Состав сплавов железа зависит от растворимости добавок в  $\gamma$ -железе при высоких температурах. Кристаллическая решетка  $\gamma$ -железа имеет гранцентрированную кубическую структуру. На рисунке показана элементарная ячейка  $\gamma$ -железа. Элементарная ячейка – это “вырез” кристаллической решетки, характеризующий строение всего кристалла. Атомы расположены в каждой вершине куба и в центре каждой грани. Все атомы разделены поровну между соседними элементарными ячейками.



- а) Сколько атомов содержится в элементарной ячейке  $\gamma$ -железа? (1)
- б) В нержавеющей стали “Core 4622” один атом железа в элементарной ячейке  $\gamma$ -железа заменен атомом хрома. Рассчитайте массовую долю Cr в данном сплаве. (1)
- с) В отличие от нержавеющей стали, в случае стали и чугуна атомы железа не заменяют атомами углерода, а атомы углерода заполняют пустоты между атомами железа. Предположите, что наибольшей растворимости атомов углерода в  $\gamma$ -железе можно достичь путем заполнения одной пустоты в элементарной ячейке атомом углерода. Рассчитайте максимальную теоретическую массовую долю углерода в *чугуне*. (1)
- д) Предположите, что в стали атомы углерода заполняют полость в каждой второй элементарной ячейке. Рассчитайте максимальную теоретическую массовую долю углерода в *стали*. (1)
- е) На самом деле массовая доля углерода в чугуне составляет от 2,1% до 6,7%, а в стали до 2,1%. Рассчитайте, какой из этих сплавов железа образуется при восстановлении 935 кг оксида железа(II, III) (где отношение  $\text{Fe}^{\text{II}}$  и  $\text{Fe}^{\text{III}}$  равно 1:2) с помощью 125 кг углерода. Предположите, что в ходе реакции образуется  $\text{CO}_2$ , а оставшийся в избытке углерод растворяется в полученном железе. (5)
- ф) Магнетит содержит 90% оксида железа(II, III). Рассчитайте, сколько тонн чугуна, который содержит 93% железа, можно произвести ровно из 1 тонны такого магнетита. (2) **20 6**