

# Задачи регионального тура олимпиады по химии 2025/26 уч. г.

10 класс

- 1. Тест – азотный блиц** (10 б)
- a)** Напиши электронную конфигурацию азота. (0,5)
- b)** Составь и заполни схему внешней орбитальной оболочки атома азота. (0,5)
- c)** Обведи правильный ответ. (2)
- i)** Атом азота может быть *донором / акцептором* водородной связи.
- ii)** В химических реакциях азот ведет себя как *только окислитель / только восстановитель / окислитель, так и восстановитель*.
- iii)** Азотистая кислота - *сильная / слабая* кислота.
- iv)** Азотная кислота - *сильный окислитель / восстановитель*.
- d)** Массовый процент азота в бинарной соли натрия **X** равно 64,64%. (2)
- i)** Напиши формулу **X**.
- ii)** Нарисуй плоскую структурную формулу **X**.
- iii)** Напиши формулу сопряженной кислоты аниона **X**.
- e)** Распредели следующие оксиды на **i)** кислотные, **ii)** основные или **iii)** нейтральные:  $N_2O$ ,  $NO_2$ ,  $NO$ ,  $N_2O_3$ . (1)
- f)** Расставь коэффициенты в уравнениях реакций **i)** и **ii)**, используя метод электронного баланса. (2)
- i)**  $\dots PbS + \dots HNO_3 \rightarrow \dots Pb(NO_3)_2 + \dots NO + \dots S + \dots H_2O$
- ii)**  $\dots I_2 + \dots HNO_3 \rightarrow \dots HIO_3 + \dots NO_2 + \dots H_2O$
- g)** Молярная масса азота равна 14,007 г/моль. Рассчитай мольный процент  $^{15}N$ , если азот состоит только из стабильных изотопов  $^{14}N$  и  $^{15}N$ . Изотопы - атомы с одинаковым зарядом, но различным количеством нейтронов. (1)
- Для того чтобы на международной космической станции смогли жить люди, там созданы Землеподобные условия, в т. ч. воздух при давлении 1 атм, который состоит на 78%  $N_2$  и 21%  $O_2$  по объему.
- h)** Рассчитай массу (кг) азота в воздухе космической станции, если  $V_{\text{косм. станция}} = 1005 \text{ м}^3$ . (1)

## 2. Кто боится фтора? (10 б)

Газообразный фтор крайне реакционноспособен и токсичен, он также является одним из сильнейших окислителей. При пропускании фтора через раствор гидроксида натрия образуется дифторид кислорода (**A**), соль и вода (**реакция 1**). Под воздействием УФ-излучения, в молекуле **A** происходит разрыв ковалентной связи  $O-F$ , в ходе чего образуются радикалы  $F\cdot$  и  $\cdot OF$  с одним неспаренным электроном. Обе эти частицы воссоединяются с самими собой, образуя диоксидифторид (**B**) и фтор (**реакция 2**).

Вдобавок к кислороду, сера тоже образует различные соединения с фтором. Дихлорид серы - это темно-красная жидкость, которая при нагреве реагирует с фторидом ртути(II), образуя бинарные фториды серы **C** ( $M = 108,06 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$ ), **D** ( $w_{\text{сера}} = 62,79\%$ ) и побочный продукт в виде хлорида ртути(II). Соединение **D** диспропорционирует, образуя фторид **C** и серу (**реакция 3**). Диспропорционированием называют одновременное окисление и восстановление одного и того же элемента в ходе реакции.

При реагировании серного порошка с избытком фтора образуется газообразный фторид **E** (**реакция 4**), в котором сера находится в своей наивысшей степени окисления. Фторид **E** называют элегазом, т.к. его используют для создания непроводящей среды при производстве электричества. С течением времени, даже с весьма химически инертным элегазом происходят разные реакции под воздействием водяного пара и кислорода воздуха, в которых образуются выше упомянутые реакционноспособные и опасные продукты. Окисление фторида **C** кислородом воздуха дает оксофторид **F** (**реакция 5**) в качестве единственного продукта. В свою

очередь, соединение **F** реагирует с водяным паром, образуя диоксофторид **G** и фтороводород (**реакция 6**). При дальнейшем гидролизе **G** образуется серная кислота.

- Определи (среднюю) степень окисления атомов кислорода в молекулах **A** и **B**. (1)
- Напиши и расставь коэффициенты в уравнениях **реакций 1–6**. (6)
- Нарисуй структуры Льюиса для **C**, **D**, **G** и серной кислоты. (3)

### 3. Неизвестные пробирки (10 б)

По приходу утром в лабораторию, лаборант обнаружил 7 непомеченных пробирки с различными растворами. Какой-то лентяй забыл их убрать вчера вечером. В то же время, лаборант не хотел просто так выливать эти растворы в раковину, т.к. ионы тяжелых металлов могут вызвать загрязнение сточных вод. Поэтому лаборант решил распознать растворы с помощью капельного анализа и измерения pH. К счастью, ему на помощь пришли заметки того неизвестного лентяя, в которых были указаны ионы встречающиеся в растворах:  $H^+$ ;  $Li^+$ ;  $K^+$ ;  $Ag^+$ ;  $Zn^{2+}$ ;  $Ba^{2+}$ ;  $Hg^{2+}$ ;  $I^-$ ;  $NO_3^-$ ;  $Br^-$ ;  $OH^-$ ;  $Cl^-$ ;  $SO_4^{2-}$ ;  $CO_3^{2-}$ . Для некоторых реакций лаборант не был настолько уверен, что же все-таки происходило в растворе, однако после распознавания ионов с помощью других реакций и посовествовавшись с таблицей растворимости, лаборант понял, что некоторые продукты гидролизировались или были вовсе нестабильными. Когда все ионы были опознаны, он заполнил следующую таблицу:

↓ – осадок; ↑ – газ; E – нестабилен; H – гидролиз; -/- – никакой видимой реакции; V – малорастворим

| Номер пробирки | 1   | 2   | 3   | 4  | 5  | 6   | 7  |
|----------------|-----|-----|-----|----|----|-----|----|
| 1              |     | -/- | ↓   | ↓  | E  | ↓   | E  |
| 2              | -/- |     | -/- | ↑  | ↓  | -/- | ↓  |
| 3              | ↓   | -/- |     | ↓  | V  | -/- | ↓  |
| 4              | ↓   | ↑   | ↓   |    | ↓  | V   | ↓  |
| 5              | E   | ↓   | V   | ↓  |    | H   | ↓  |
| 6              | ↓   | -/- | -/- | V  | H  |     | V  |
| 7              | E   | ↓   | ↓   | ↓  | ↓  | V   |    |
| pH             | >>7 | <<7 | <7  | >7 | <7 | ≈7  | <7 |

- Напиши названия соединений в пробирках 1–7. (7)
- Напиши и расставь коэффициенты в уравнениях реакций, проходящих при смешивании следующих пробирок: **i) 1 + 3, ii) 2 + 4, iii) 5 + 7**. (3)

### 4. Кто победит: кислота или основание? (10 б)

Бутановая кислота ( $C_3H_7COOH$ ) – это слабая однопротонная органическая кислота, константа диссоциации которой равна  $K_a = 1,51 \cdot 10^{-5}$ . 35,00 см<sup>3</sup> раствора 0,500 М бутановой кислоты оттитровали 0,200 М раствором NaOH. Для решения задания можешь пользоваться следующими формулами:

$$pH + pOH = 14 \quad K_w = K_a \cdot K_b = 1,0 \cdot 10^{-14} \quad pK_a = -\log(K_a)$$

$K_w$  – ионное произведение воды, которое равно произведению константы диссоциации кислоты  $K_a$  и константы диссоциации основания  $K_b$ .

- Рассчитай **i) pH** кислотного раствора до титрования и **ii) степень диссоциации  $\alpha$  (%)** бутановой кислоты в растворе. (2)

- b) Рассчитай pH титруемого раствора после добавления 10,00 см<sup>3</sup> раствора NaOH. (2,5)
- c) Рассчитай pH титруемого раствора в точке полуэквивалентности, в которой с титрантом прореагировало ровно половина кислоты из начального раствора. (0,5)
- d) Рассчитай сколько см<sup>3</sup> раствора NaOH потребуется для достижения точки эквивалентности. (0,5)
- e) Рассчитай pH титруемого раствора в точке эквивалентности. (2,5)
- f) Выбери, какой из следующих индикаторов лучше всего подходит для проведения данного кислотно-щелочного титрования. (0,5)

| Индикатор             | Метиловый<br>красный | Феноловый<br>красный | Фенолфталеин | Ализариновый<br>красный |
|-----------------------|----------------------|----------------------|--------------|-------------------------|
| pK <sub>a</sub>       | 5,0                  | 7,9                  | 9,4          | 11,2                    |
| Зона перехода<br>(pH) | 4,8–6,0              | 6,6–8,0              | 8,2–10,0     | 10,1–12,0               |

Далее изображены различные кривые кислотно-щелочных титрований.

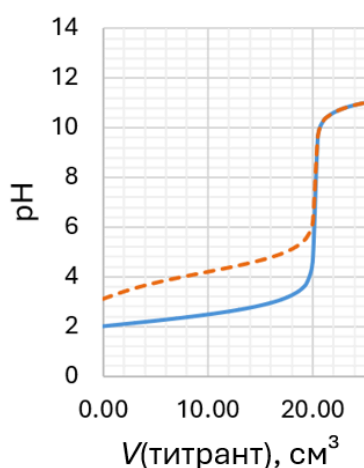


График А

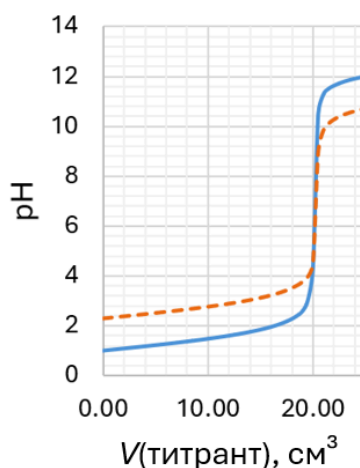


График В

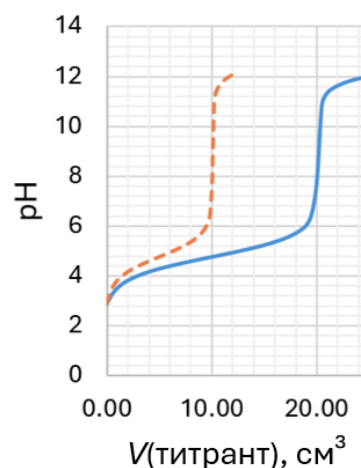


График С

- g) Определи, какой из графиков (А–С) описывает: (1,5)
- титрование растворов разных однопротонных кислот с одинаковой концентрацией;
  - титрование растворов одной и той же однопротонной кислоты, но с разными концентрациями;
  - титрование растворов однопротонной кислоты одной и той же концентрации растворами титранта разной концентрации.

## 5. Коррозия углеродистая стали

(10 б)

Магнетит ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) является одним из преимущественных соединений, образующихся при коррозии труб изготовленных из углеродистой стали, которые используют во второстепенных системах охлаждения ядерных электростанций. Для того, чтобы понять каким образом магнетит воздействует на дальнейшую коррозию данных труб, исследуемые детали покрывают искусственным магнетитовым слоем. Обычно магнетит получают на поверхности деталей электрохимическим путем. Для этого подготавливают специальный раствор, который содержит 0,090 моль·дм<sup>-3</sup> ионов  $\text{Fe}^{3+}$ , 0,10 моль·дм<sup>-3</sup> триэтаноламина (ТЕА) (для того, чтобы  $\text{Fe}^{3+}$  ионы оставались в растворе) и 2,0 моль·дм<sup>-3</sup> NaOH. Этот раствор нагревают до 80°C и деталь, которую хотят покрыть слоем магнетита, используется как катод. На поверхности катода ионы  $\text{Fe}^{3+}$  восстанавливаются до  $\text{Fe}^{2+}$  ионов, которые позднее образуют магнетит. Обычно в качестве анода используют какой-нибудь инертный материал, например графит, на поверхности которого окисляются гидроксид-ионы.

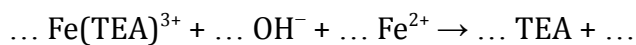
- a) Напиши, заряд (+ или -) i) анода и ii) катода в электролизере. (0,5)

**b)** Напиши: (1)

**i)** уравнение полуреакции окисления гидроксид-ионов на аноде;

**ii)** уравнение полуреакции восстановления комплекса  $\text{Fe}(\text{TEA})^{3+}$  на катоде (учти, что в продуктах железо не образует комплексы).

**c)** Закончи и расставь коэффициенты в сокращенном ионном уравнении образования магнетита. (1)



**d)** Рассчитай сколько грамм  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , NaOH и TEA ( $M = 149,2 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$ ) нужно взять, чтобы приготовить  $0,75 \text{ дм}^3$  раствора необходимого для синтеза магнетита. (2)

Для тестирования одной детали ее следует покрыть  $100 \text{ мкм}$  слоем магнетита. Площадь детали составляет  $30 \text{ см}^2$ .

**e)** Рассчитай сколько молей магнетита ( $\rho = 5,00 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ ) нужно синтезировать, чтобы приготовить слой толщиной в  $100 \text{ мкм}$ . (1,5)

Для покрытия данной детали решили использовать плотность тока  $0,2 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$  на катоде. Среднее напряжение ячейки  $U_{\text{(ячейка)}}$  во время покрытия было равно  $1,25 \text{ В}$ .

**f)** Рассчитай сколько часов потребуется для образования  $100 \text{ мкм}$  слоя магнетита на детали. (2)

**g)** Рассчитай сколько ватт-часов ( $\text{Вт} \cdot \text{ч}$ ) энергии потребовалось при покрытии детали, учитывая, что напряжение и ток не менялись в течении всего процесса. Используй формулу  $E = I \cdot U \cdot t_{\text{(ч)}}$ . (0,5)

**h) i)** Опиши, какие побочные реакции могут происходить на катоде, если во время покрытия детали использовать слишком высокую плотность тока. (0,5)

**ii)** Напиши уравнения полуреакций описанных в подпункте **h) i)**. (1)