

## Задачи регионального тура олимпиады по химии 2024/25 уч. г.

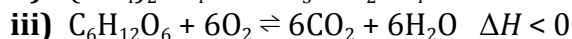
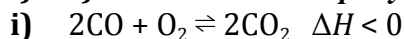
10 класс

### 1. Экспедиция

(10 б)

Шайка путешественников решила отправиться в поисках сокровищ в нашумевшие горы Небесного Рога. Во время экспедиции, путешественники сперва повстречали кобольдов со свечами на голове. Как кобольдов, так и их свечи поддерживают различные химические реакции.

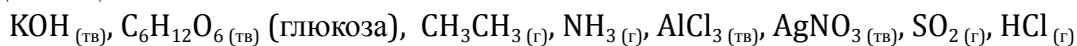
**а)** Напиши, как следует изменить следующие условия реакции ( $T$  – температура,  $p$  – давление,  $c$  – концентрация исходных веществ), чтобы равновесие обратимых химических реакций **i)–iii)** сместилось *в сторону исходных веществ*. (3)



После преодоления кобольдов, путешественники направились вскапывать различные самоцветы и горные породы. Инженер шайки сообразил, что из разных соединений можно соорудить пару вспомогательных приборов для раскопок. Для этого ему надо распределить добытые соединения в зависимости от их тепло- и электропроводимой способности. После изучения горных пород, инженер решил использовать следующие, твердые при комнатной температуре, вещества: С (алмаз), С (графит) и NaCl.

**б)** Расставь упомянутые соединения в порядке возрастания **i)** электро- и **ii)** теплопроводности. (2)

Забираясь все глубже, шайка наткнулась прямо на Рэднаса - чудище повелевающее горами, которого окружает “магический” барьер. Барьер можно развеять используя водный раствор подходящего вещества. Для повышения растворимости присутствующих веществ, соответствующие растворы стоит сначала нагреть или охладить. У шайки с собой были следующие вещества:



**с)** Напиши, растворимость каких веществ повышается при **i)** увеличении и **ii)** снижении температуры их водного раствора. (2)

Они обнаружили, что водный раствор  $\text{FeCl}_3$  ослабляет барьер горного чудища. Для приготовления необходимого количества соли железа, шайка сперва взяла железную руду со стены ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), которую алюмотермически восстановили до элементарного железа (**реакция 1**). Затем, железо положили реагировать с газообразным хлором в закрытый контейнер (**реакция 2**). В итоге, из полученной соли приготовили 1 дм<sup>3</sup> 0,05 М раствора  $\text{FeCl}_3$ .

**д)** Напиши и расставь коэффициенты в уравнениях **реакций 1–2**. (2)

**е)** Рассчитай массу (г) железной руды, необходимую для приготовления раствора  $\text{FeCl}_3$ . (1)

### 2. НиО

(12 б)

Одним из известных способов получения азотной кислоты является ее образование из оксида А, в котором степень окисления азота отличается от степени окисления азота в азотной кислоте. Оксид А образуется в природе при грозовых разрядах. При ударах молнии, проходит реакция между находящимися в воздухе азотом и кислородом (**реакция 1**), в результате чего сначала образуется оксид В. При последующей реакции с кислородом, он окисляется в оксид А (**реакция 2**). Если оксид А реагирует с водой (**реакция 3**), то образуется две кислоты - азотная и кислота С, в которой массовая доля азота равна 29,79%.

**а)** Напиши формулы и названия соединений А–С. (3)

**б)** Напиши и расставь коэффициенты в уравнениях **реакций 1–3**. (3)

**с)** Выбери, какой процесс происходит с атомами азота при реакции оксида А с водой. (1)

Окисление

- Восстановление
- Как окисление, так и восстановление
- Ни окисление, так и ни восстановление

Подобно другим неорганическим кислотам, азотную кислоту тоже можно приготовить из соответствующего ей кислотного оксида **D** (**реакция 4**), степень окисления азота в котором равна степени окисления азота в азотной кислоте. Оксид **D** образуется при реакции оксида **A** с взрывоопасным и очень реакционноспособным синим трехатомным газом **X** (**реакция 5**). Относительная плотность этого газа по отношению к воздуху равна 1,655. Газ **X** может также образовываться в малых количествах во время грозных разрядов (**реакция 6**). Обычно, концентрация газа **X** в воздухе равна  $<7 \cdot 10^{-6}\%$ , однако его можно найти в больших количествах на высоте 10–50 км от поверхности.

**d)** Напиши **i)** формулы и **ii)** названия соединений **D** и **X**. (2)

**e)** Напиши и расставь коэффициенты в уравнениях **реакций 4–6**. (3)

### 3. Идеальная мистерия (8 б)

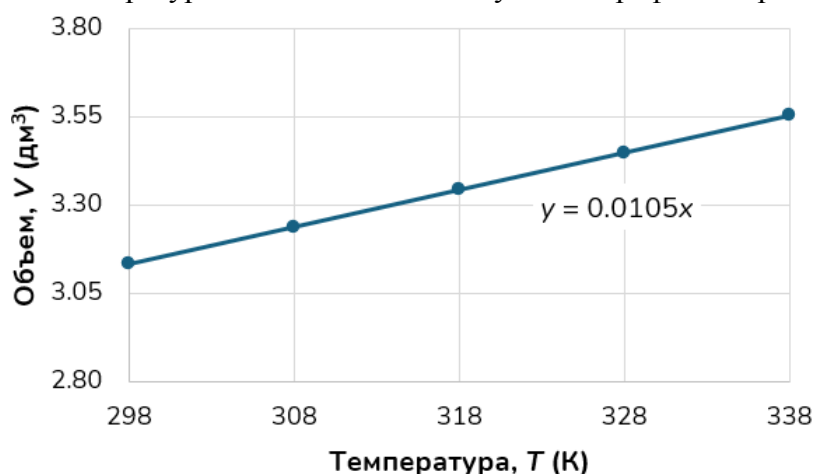
Вещество  $X(Y_n)_m$  ( $M = 291,3 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$ ) - это неорганическая соль, состоящая из элементов **X** и **Y** ( $w_Y = 28,86\%$ ), которая используется как детонатор во взрывчатых устройствах. При механическом ударе,  $X(Y_n)_m$  разлагается со взрывом на тяжелый металл **X** и двухатомный газ. Степень окисления металла **X** в соли равна +II, а мольное соотношение **X** и **Y** равно 1 : 6.

**a)** Определи расчетами элементы **X** и **Y**. (1)

**b)** Определи формулу соли  $X(Y_n)_m$ . (1)

**c)** Напиши и расставь коэффициенты в уравнении реакции разложения соли. (1)

При разложении определенного количества соли образуется 0,128 моль газа, зависимость объема  $V$  которого от температуры  $T$  описывается следующим графиком прямой  $y = 0,0105x$ :



**d)** Рассчитай:

**i)** объем газа в кубических метрах ( $\text{м}^3$ ) при температуре 398 К; (1)

**ii)** угловой коэффициент уравнения прямой при давлении 25325 Па. (1)

**e)** Выведи уравнения для расчета следующих параметров, используя уравнение состояния идеального газа:

**i)** молярная масса газа  $M$ ; (1)

**ii)** плотность газа  $\rho$ . (1)

Детонацией называют ударную волну, обусловленную взрывчатым веществом. Скорость ее распространения  $D$  ( $\text{км} \cdot \text{с}^{-1}$ ) можно рассчитать по приведенному ниже уравнению Камлета–Джейкобса, где  $\varphi$  (греч. буква “фи”) - это соответствующая взрывчатому веществу тепловая энергия ( $\text{кДж} \cdot \text{г}^{-1}$ ), выделяющаяся при детонации, а  $\rho$  - плотность взрывчатого вещества ( $\text{г} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^{-3}$ ).

$$D = \varphi^{1/2}(1,01 + 1,31\rho)$$

- f) Для известного взрывчатого вещества TNT ( $\rho = 1650 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ )  $\varphi = 1,32 \cdot 10^3 \text{ кал} \cdot \text{г}^{-1}$ . Рассчитай, во сколько раз скорость ударной волны при детонации TNT больше, чем скорость звука ( $340 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ).  $1 \text{ кал} = 4,184 \text{ Дж}$ . (1)

#### 4. Опасное лекарство (10 б)

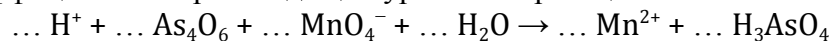
Для лечения лейкемии (рак крови) в медицине используют TRISENOX, который содержит оксид мышьяка(III). В 2022 году вместо ранее используемых  $10 \text{ см}^3$  ампул ( $c = 1 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-3}$ ) на рынок поступили  $6 \text{ см}^3$  виалки с другой концентрацией. При доставке в больницу, этикетка с концентрацией новых виалок, к сожалению, стерлась. Молодому лаборанту досталось задание перманганатометрически выяснить концентрацию в новых виалках.

Для начала он приготовил раствор перманганата калия и проверил его концентрацию раствором оксалата натрия. Для приготовления данного раствора он отвесил в  $200 \text{ см}^3$  мерную колбу  $0,268 \text{ г}$   $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  и добавил деионизированной воды до метки. До титрования, реакционную смесь подкислили серной кислотой, а в результате титрования, помимо прочего, образовались соль, в которой степень окисления марганца равна +II, углекислый газ и вода.

- a) Рассчитай концентрацию приготовленного раствора оксалата натрия ( $\text{моль} \cdot \text{дм}^{-3}$ ). (1)  
b) Напиши и расставь коэффициенты в происходящем уравнении реакции. (2)  
c) Рассчитай концентрацию раствора перманганата ( $\text{моль} \cdot \text{дм}^{-3}$ ), если известно, что на титрование  $10 \text{ см}^3$  раствора  $\text{KMnO}_4$  потребовалось  $2,50 \text{ см}^3$  раствора  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ . (1)

После этого, лаборант взял виалку с новой концентрацией препарата и приготовил из нее  $100 \text{ см}^3$  раствора в мерной колбе. Из этого раствора он взял пробу в  $10 \text{ см}^3$ , подкислил ее и оттитровал раствором  $\text{KMnO}_4$ . На титрование раствора препарата потребовалось  $4,85 \text{ см}^3$  раствора.

- d) Расставь коэффициенты в происходящем уравнении реакции: (1)



- e) Рассчитай концентрацию нового препарата ( $\text{мг} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^{-3}$ ) с точностью до одного значащего числа. (2,5)  
f) Медсестра должна была выписать  $0,15 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$  оксида мышьяка(III) пациенту весом  $56 \text{ кг}$ . Рассчитай, на сколько мг больше/меньше лекарства получил бы пациент, если бы вместо ампул медсестра взяла виалки. (2)  
g) Напиши, пациент получил бы пациент передозировку или недостаток лекарства? (0,5)

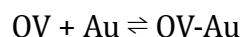
#### 5. Тесты на корону (11 б)

Во время пандемии COVID-19 экспресс-тесты стали стандартом для определения распространения болезни. Принцип работы экспресс-тестов состоит в связывании вирусных частиц антителами шиповидных белков, которые проявляются с помощью наночастиц золота.

Сначала проба, собранная ватной палочкой с нёба или носоглотки, растворяется в специальном растворе. Затем пару капель полученного раствора ( $0,1 \text{ см}^3$ ) наносят на тест-картридж. В растворе вирусоносителя в среднем  $7,1 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$  частиц вируса, а каждая частица вирус содержит в среднем  $20$  шиповидных белков (OV).

- a) Рассчитай концентрацию шиповидных белков [OV] ( $\text{моль} \cdot \text{дм}^{-3}$ ) в пробе, нанесенную на тест-картридж. Число Авогадро  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ . (2)

Проба, нанесенная на тест-картридж, прежде всего проходит через зону конъюгации, где раствор насыщается  $1,6 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$  наночастицами золота. Шиповидные белки связываются с золотом в мольном соотношении  $1 : 1$ , образуя конъюгаты типа шиповидный белок-золото (OV-Au):



Константа равновесия данной реакции равна  $K = 1,2 \cdot 10^{10}$ .

- b) Заполни таблицу с равновесными концентрациями и рассчитай равновесную концентрацию конъюгата шиповидный белок-золото [OV-Au] ( $\text{моль} \cdot \text{дм}^{-3}$ ). Если у тебя не получилось найти значение [OV] в пункте a), то предположи, что  $[\text{OV}] = 4,0 \cdot 10^{-13} \text{ моль} \cdot \text{дм}^{-3}$ . (4)

Далее, полученный раствор продвигается по тестовой зоне размером 3,0 мм×1,0 мм×0,1 мм (длина×ширина×глубина). На поверхности тестовой зоны закреплены антитела (АК). В случае биохимических частиц, закрепленных на поверхности, вместо концентрации используют понятие поверхностной плотности  $\sigma$ . В данном случае  $\sigma_{\text{АК}} = 1,2 \cdot 10^9 \text{ мм}^{-2}$ .

**с) i)** Рассчитай количество антител  $N_{\text{АК}}$ , закрепленных на поверхности тестовой зоны.

(1)

**ii)** Рассчитай количество конъюгатов шиповидный белок-золото ( $N_{\text{OV-Au}}$ ) и свободного шиповидного белка ( $N_{\text{OV}}$ ) в растворе объем которого равен объему тестовой зоны. *Если у тебя не получилось найти значение  $[\text{OV-Au}]$  в пункте **b)**, то предположи, что  $[\text{OV-Au}] = 2,0 \cdot 10^{-13} \text{ моль} \cdot \text{дм}^{-3}$ .*

(2)

Антитела, закрепленные на поверхности, одинаково связывают все частицы, содержащие шиповидные белки. После прохождения пробы через тестовую зону, количество конъюгатов шиповидный белок-золото, которые оказались связаны с антителами было равно ( $N_{\text{АК-OV-Au}}$ )  $1,38 \cdot 10^7$ . Окрашивание тест-полоски зависит от поверхностной плотности, закрепленных на нее наночастиц золота – изменение цвета можно определить при  $\sigma = 3 \cdot 10^6 \text{ мм}^{-2}$ .

**d)** Рассчитай минимальное количество частиц вируса  $N$  в изначальной пробе, которое необходимо для заметного окрашивания тест-полоски.

(2)