

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

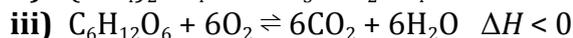
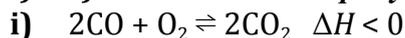
10 класс

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.

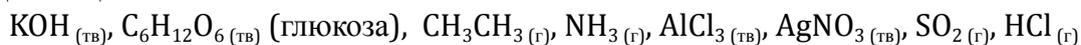
а) Напиши, как следует изменить следующие условия реакции (T – температура, p – давление, c – концентрация исходных веществ), чтобы равновесие обратимых химических реакций **i)–iii)** сместилось *в сторону исходных веществ*. (3)



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 FeCl_3 ослабляет барьер горного чудища. Для приготовления необходимого количества соли железа, шайка сперва взяла железную руду со стены (Fe_3O_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 дм³ 0,05 М раствора FeCl_3 .

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

е) Рассчитай массу (г) железной руды, необходимую для приготовления раствора 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)

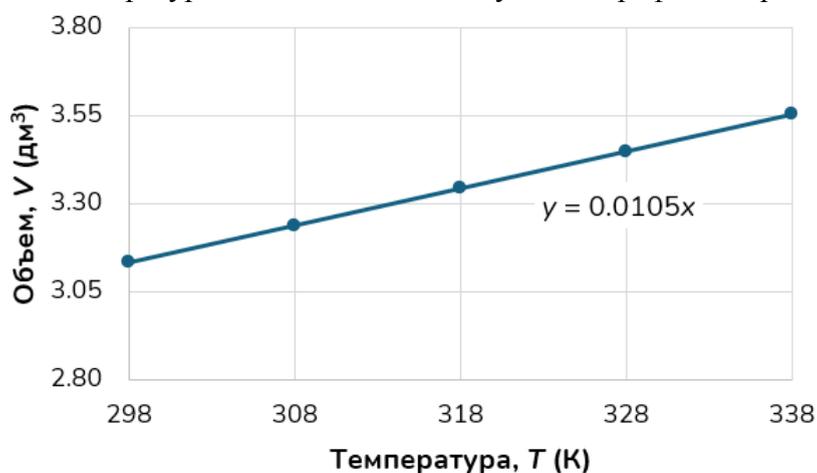
Вещество $X(Y_n)_m$ ($M = 291,3 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$) - это неорганическая соль, состоящая из элементов **X** и **Y** ($w_Y = 28,86\%$), которая используется как детонатор во взрывчатых устройствах. При механическом ударе, $X(Y_n)_m$ разлагается со взрывом на тяжелый металл **X** и двухатомный 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 (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 ρ . (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 φ (греч. буква “фи”) - это соответствующая взрывчатому веществу тепловая энергия ($\text{кДж} \cdot \text{г}^{-1}$), выделяющаяся при детонации, а ρ - 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)

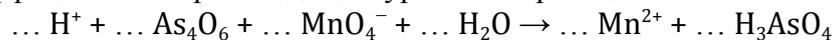
Для лечения лейкемии (рак крови) в медицине используют TRISENOX, который содержит оксид мышьяка(III). В 2022 году вместо ранее используемых 10 см^3 ампул ($c = 1 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-3}$) на рынок поступили 6 см^3 виалки с другой концентрацией. При доставке в больницу, этикетка с концентрацией 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 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 см^3 раствора 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 см^3 раствора в мерной колбе. Из этого раствора он взял пробу в 10 см^3 , подкислил ее и оттитровал раствором 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 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)

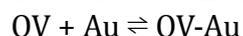
5. Тесты на корону (11 б)

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 а), 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 σ . 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_{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)