



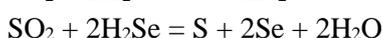
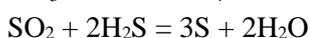
Всероссийская химическая олимпиада
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»
2020-2021 учебный год. Отборочный этап

Решения задач для 10 класса с критериями

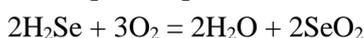
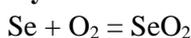
Задача 10.1

Пункт 1. Реакция «дым без огня», при которой из газообразных веществ образуется твердое – образование хлорида аммония из аммиака и хлороводорода. **ABC** – NH_4Cl , **AB** – NH_3 , **BC** – HCl (по условию газ **AB** легче газа **BC**). Желтое твердое вещество **D** – сера, вещество **BE** – вода. Тогда **DE** – SO_2 , **BD** – H_2S .

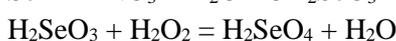
Определим **BG**: это водородное соединение, так как под буквой **B** зашифрован водород, при этом его плотность по водороду 40.5. $M(\text{BG}) = 81$ г/моль, под такую молярную массу подходит H_2Se . **BG** – H_2Se , **G** – Se.



Пункт 2. Определим вещество **1**: $M(1) = M(\text{BG}) + 30 = 111$ г/моль, это SeO_2 .



Пункт 3. Кислота **2**, очевидно, H_2SeO_3 . При взаимодействии с перекисью водорода образуется кислота **3** – H_2SeO_4 . Соль **4** – селенат золота (III), при растворении золота в сильных окислителях образуется соли трехвалентного золота.



Критерии

Определены вещества **AB, BC, ABC, BD, BE, D, DE, G, GB**

1 × 9 = 9 баллов

Если состав вещества **GB** не подтвержден расчетом, то за него 0 баллов

Определены вещества **1 – 4**

2 × 4 = 8 баллов

Написаны уравнения 9 реакций

1 × 9 = 9 баллов

Если реакция не уравнена, то за нее 0 баллов

Сумма: **26 баллов**

Задача 10.2

Пункт 1. I — ионная сила имеет размерность [моль/л], т.к. вычисляется из молярной концентрации соответствующих ионов. Если ионная сила электролита равна 0, то $\log S = \beta$. Таким образом, β — логарифм растворимости осаждаемого вещества в чистом растворителе, логарифм — безразмерная величина, в отличие от параметра S_0 , который обозначает саму растворимость вещества в чистом растворителе и имеет размерность, аналогичную величине S , [г/мл]. Справа в рассматриваемом выражении должна стоять безразмерная величина, т.к. параметр β безразмерен, то и произведение $K_s I$ должно быть безразмерной величиной. Следовательно, размерность K_s — [л/моль].

Пункт 2. Молярная концентрация не зависит от объёма раствора. Рассчитаем растворимость uCl в чистом растворителе S_0 , как было определено выше: $\log S_0 = \beta$, таким образом $S_0 = 10^\beta$, что равно: $S_0 = 0.565$ г/мл. Для расчёта молярной концентрации воспользуемся следующей формулой: $C_M(\text{uCl}) = \rho / M_{\text{uCl}}$, где M_{uCl} — молярная масса хлоруридина ($\text{C}_{10}\text{H}_{13}\text{ClN}_2\text{O}_5$), которая равна 276.5 г/моль. Таким образом, $C_M(\text{uCl}) = 2.04$ моль/л.

Пункт 3. Рассчитаем растворимость сульфата аммония при 22 °С по приведённой формуле:

$$P = 70.19 + 0.244 \cdot 22 + 7.21 \cdot 10^{-4} \cdot 22^2 = 75.9 \text{ г/100 г воды}$$

Рассчитаем массовую долю соли в данном растворе:

$$\omega = \frac{75.9}{100+75.9} = 0.431$$

Рассчитаем плотность раствора сульфата аммония при 22 °С по приведённой формуле:

$$\rho = 1.00 + 5.57 \cdot 10^{-3} \cdot 75.9 - 1.85 \cdot 10^{-5} \cdot 75.9^2 = 1.316 \text{ г/мл}$$

Рассчитаем молярную концентрацию сульфата аммония в анализируемом растворе:

$$C_M(\text{соли}) = \frac{n_{\text{соли}}}{V_{\Sigma}} = \frac{m_{\text{соли}}}{M_{\text{соли}} V_{\Sigma}} = \frac{\rho V_{\text{соли}} \omega}{M_{\text{соли}} (V_{\text{воды}} + V_{\text{соли}})}$$

$$C_M(\text{соли}) = \frac{1.316 \cdot 4.20 \cdot 0.431}{132} \cdot \frac{1}{(8.96 + 4.20)} \cdot 10^3 = 1.37 \text{ моль/л}$$

Рассчитаем ионную силу раствора сульфата аммония:

$$I = \frac{1}{2} \sum z_i^2 C_i = \frac{1}{2} ((+1)^2 \cdot 2 \cdot 1.37 + (-2)^2 \cdot 1.37) = 4.11 \text{ моль/л}$$

Подставим полученное выражение в уравнение Сеченова и выразим растворимость:

$$S = 10^{(\beta - K_s I)} = 10^{(-0.248 - 0.215 \cdot 4.11)} = 10^{-1.13} = 7.4 \cdot 10^{-2} \text{ г/мл}$$

Таким образом, растворимость уменьшится в $S_0/S = 7.6$ раз.

Пункт 4. Проанализируем уравнение Сеченова, чем больше ионная сила, тем сильнее проявляется эффект высаливания. Следовательно, нужно увеличить молярную концентрацию соли в анализируемом растворе, это можно сделать 2 способами: 1) добавить больше сульфата аммония, 2) увеличить температуру в разумных пределах, т.к. растворимость сульфата аммония увеличивается с повышением температуры.

Критерии

Определён физический смысл величины β	2 балла
Определены размерности величин β , K_s и I	1 × 3 = 3 балла
Рассчитана молярная растворимость uCl в чистой воде	3 балла
Рассчитана молярная концентрация сульфата аммония в анализируемом растворе	5 баллов
Рассчитана ионная сила раствора	2 балла
Рассчитана растворимость uCl после добавления сульфата аммония	3 балла
Определено, во сколько раз уменьшается растворимость	2 балла
Предложены способы уменьшения растворимости без изменения природы веществ	2 × 3 = 6 баллов

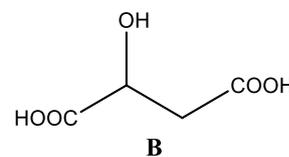
Сумма: 26 баллов

Задача 10.3

Пункт 1. Газ, очевидно, CO₂. Его количество 0.004 моль. Пусть кислота содержит n атомов углерода, n(A) = n(CO₂)/n = 0.004/n, M(A) = 45n. При n = 2 получаем щавелевую кислоту, A = HOOC–COOH, H₂C₂O₄

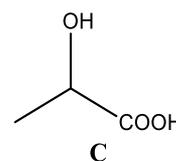


Пункт 2. Способность окисляться сернокислым раствором перманганата калия, взаимодействовать с бромоводородом и вступать в реакции поликонденсации свидетельствует о том, что B и C помимо кислотных содержат также спиртовые группы (аминогруппа невозможна, так как в молекулах содержатся только 3 элемента, это водород, углерод и кислород). Определим B по данным титрования: n(NaOH) = 0.00176 моль, n(B) = n(NaOH)/n = 0.00176/n, M(A) = 67n. Видим, что n должно быть четным, при n = 2, получаем разумный вариант.



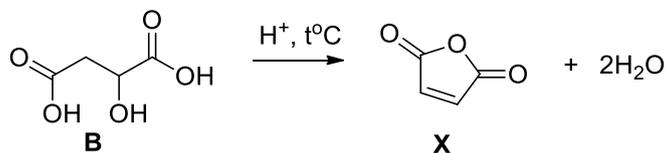
Определим кислоту C: на ее нейтрализацию требуется в 2 раза меньше щелочи, скорее всего она имеет такую же молярную массу, как A, но при этом является одноосновной. Учитывая, что C содержит спиртовой гидроксил, получаем формулу.

Именно 2-гидроксипропановая кислота является продуктом распада глюкозы в организме, а также ее тривиальное название связано с пищевым продуктом.

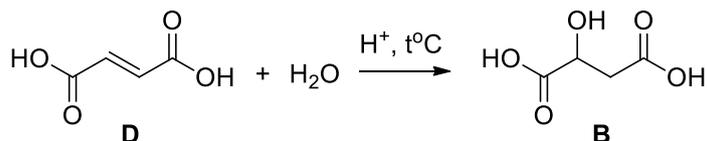
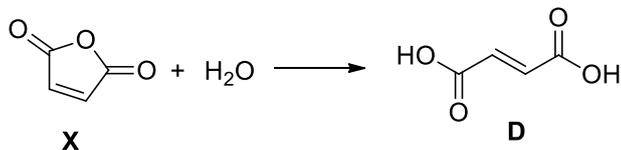


Пункт 3. A – щавелевая кислота, B – яблочная кислота, C – молочная кислота.

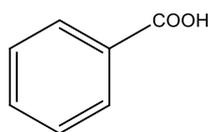
Пункт 4. Потеря массы 26.87% соответствует отщеплению двух молекул воды от одной молекулы кислоты B. Это возможно только в том случае, если получится циклический ангидрид, при этом спиртовой гидроксил также отщепится с образованием двойной связи C=C. Соединение X – ангидрид малеиновой кислоты.



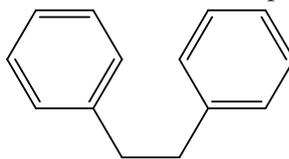
Тогда **D** – малеиновая кислота, которая в сильноокислой среде может присоединить воду и снова превратиться в яблочную кислоту (**B**).



Пункт 5. Из данных о массовой доле углерода можно установить, что брутто-формула **Y** – $(\text{CH})_x$. Зная диапазон молярных масс (168 – 202), видим, что x может быть равен 13, 14, 15. При этом углеводород не может иметь нечетное число водородов, поэтому **Y** – $\text{C}_{14}\text{H}_{14}$. Скорее всего, соединение содержит ароматические фрагменты, тогда кислота **E** – бензойная кислота, которая часто образуется при окислении ароматических углеводов и используется в качестве консерванта в пищевой химии. **Y** – 1,2-дифенилэтан.



E



Y

Критерии

Определены вещества A – E Если состав веществ A , B не подтвержден расчетом, за них 0 баллов	5 × 4 = 20 баллов
Определены вещества X , Y Если состав веществ X , Y не подтвержден расчетом, за них 0 баллов	2 × 3 = 6 баллов
Указаны условия превращения D в B	1 × 1 = 1 балл
Написаны уравнения 3 реакций Если реакция не уравнена, то за нее 0 баллов	1 × 3 = 3 балла
Сумма: 30 баллов	