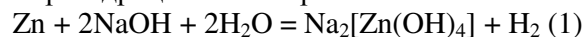


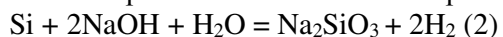
3.1.2. Задания 10 класса

Задача №10-1

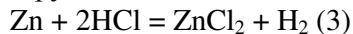
Цинк, являясь металлом, проявляющим амфотерные свойства, реагирует с водным раствором щелочи с образованием тетрагидроцинката натрия:



Кремний растворяется в щелочи с образованием силиката натрия:



С хлороводородной кислотой реагирует только цинк:



Исходя из уравнения (3) вычислим количество вещества цинка и его массу:

$$n(\text{Zn}) = n(\text{H}_2) = 0,2/2 = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{Zn}) = 0,1 \cdot 65 = 6,5 \text{ г}$$

Найдем количество водорода, которое выделяется в результате протекания реакций (1) и (2):

$$n'(\text{H}_2) = 8,96/22,4 = 0,4 \text{ моль}$$

Согласно уравнениям реакций (1) и (2):

$$n'(H_2) = n(Zn) + 2n(Si) = 0,4 \text{ моль}$$

$$n(Si) = (0,4 - n(Zn))/2 = (0,4 - 0,1)/2 = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(Si) = 0,15 \cdot 28 = 4,2 \text{ г}$$

Тогда масса навески будет равна:

$$m_{\Sigma} = 4,2 + 6,5 = 10,7 \text{ г}$$

И соответственно массовые доли компонентов смеси:

$$w(Zn) = 6,5/10,7 = 0,6075 \text{ (60,75\%)}$$

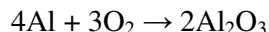
$$w(Si) = 1 - 0,6075 = 0,3925 \text{ (39,25\%)}$$

Разбалловка

Уравнения реакций (1), (2)	2x1,5 б. = 3 б.
Уравнение реакции (3)	1 б.
Расчет массы цинка в смеси	2 б.
Расчет массы кремния в смеси	3 б.
Расчет содержания цинка и кремния в смеси	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-2

Сгорание алюминия протекает по уравнению:



Стандартная теплота образования оксида алюминия ($Q_{обр}$) – это теплота, выделяющаяся при образовании 1 моль оксида алюминия из простых веществ.

По уравнению реакции:

$$n(Al_2O_3) = 0,5n(Al) = 0,5 \cdot 1,5 = 0,75 \text{ моль}$$

При образовании 0,75 моль Al_2O_3 выделяется 1256,25 кДж

При образовании 1 моль Al_2O_3 выделяется X кДж

$$X = 1256,25 \cdot 1/0,75 = 1675 \text{ кДж}$$

Получаем, что $Q_{обр}(Al_2O_3) = 1675 \text{ кДж/моль}$

Соответственно стандартная энтальпия образования будет иметь обратный знак: $\Delta H_f^0 = -1675 \text{ кДж/моль}$.

По уравнению реакции:

$$n(Al_2O_3) = m(Al_2O_3)/M(Al_2O_3) = 306/102 = 3 \text{ моль}$$

$$n(O_2) = 1,5n(Al_2O_3) = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ моль}$$

$$V(O_2) = n(O_2) \cdot V_M(O_2) = 4,5 \cdot 32 = 100,8 \text{ л}$$

Рассчитаем объем воздуха, зная, что объемная доля кислорода в воздухе 21%:

$$V(\text{воздуха}) = V(O_2)/\varphi(O_2) = 100,8/0,21 = 480 \text{ л}$$

Рассчитаем теплоту, которая выделится при образовании 3 моль Al_2O_3 :

При образовании 1 моль Al_2O_3 выделяется 1675 кДж

При образовании 3 моль Al_2O_3 выделяется X кДж

$$X = 3 \cdot 1675/1 = 5025 \text{ моль}$$

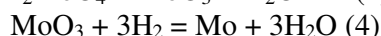
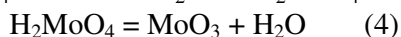
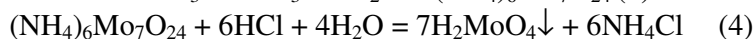
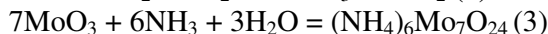
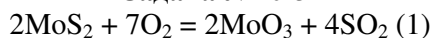
Оксид алюминия в виде сапфира и рубина используется при изготовлении ювелирных изделий. Другие модификации применяются в качестве катализаторов, адсорбентов, инертных наполнителей в химической промышленности. Керамика на основе оксида алюминия обладает высокой твердостью, огнеупорностью и антифрикционными свойствами, а также является хорошим изолятором.

Также оксид алюминия является сырьем для получения алюминия.

Разбалловка

Уравнение реакции сгорания алюминия	1б.
Вычисление стандартной теплоты образования Al_2O_3	2б.
Расчет стандартной энтальпии образования Al_2O_3	1б.
Расчет объема кислорода	1б.

Расчет объема воздуха	16.
Расчет выделившейся теплоты	26.
За указание областей применения оксида алюминия	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-3

- Оксид MoO_3 , полученный на стадии 1, сильно загрязнен примесями.
- В отсутствии кислорода на стадии 4 могут образовываться оксиды молибдена в более низких степенях окисления.
- Использование других восстановителей приводит к загрязнению молибдена примесями карбидов, силицидов, сплавов или интерметаллических соединений.
- Молибденит в природных условиях может образовывать интеркалаты
- Молибден применяется как компонент жаропрочных и коррозионностойких сплавов. Чистый молибден используется для изготовления высокотемпературных печей, вводов электрического тока в лампочках. Молибденсодержащие катализаторы широко применяются в процессах переработки нефти. MoS_2 – высокотемпературный смазочный материал. Указание любой области применения

Разбалловка

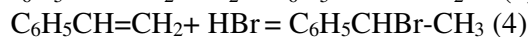
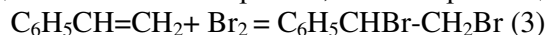
Уравнения реакций (1) – (5)	5x1 б. = 5 б.
Ответы на вопросы 2-6	5x1 б. = 5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-4

Взаимодействие бромида натрия и концентрированной серной кислоты приводит к двум продуктам – бромоводороду и бром:



Стирол способен взаимодействовать как с бромом, так и с бромоводородом:



То есть реакционная смесь содержит 2 вещества:

1,2-дибром-1-фенилэтан, обозначим его массу в смеси за X

1-бром-1-фенилэтан, обозначим его массу в смеси за Y

Тогда масса реакционной смеси будет равна:

$$X + Y = 18,73$$

Согласно уравнениям реакций (3), (4) количество молей стирола равно сумме количеств веществ продуктов реакций:

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHBr}-\text{CH}_2\text{Br}) = 264 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHBr}-\text{CH}_3) = 185 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2) = 104 \text{ г/ моль}$$

$$X/264 + Y/185 = 10,21/104$$

Решая систему уравнений:

$$\begin{cases} X + Y = 18,73 \\ X/264 + Y/185 = 10,21/104 \end{cases}$$

Получим, что X = 1,9 г – масса $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHBr}-\text{CH}_2\text{Br}$

$$Y = 16,83 \text{ г} - \text{масса } C_6H_5CHBr-CH_3$$

Тогда массовые доли компонентов реакционной смеси будут равны:

$$w(C_6H_5CHBr-CH_2Br) = 1,9/18,73 = 0,101 (10,1\%)$$

$$w(C_6H_5CHBr-CH_3) = 100 - 10,1 = 89,9\%$$

Разбалловка

Написание уравнений (1) – (4)	4x1 б. = 4 б.
Составление системы уравнений	2 б.
Расчет масс компонентов и их массовых долей	4 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-5

По содержанию железа в его галогениде находим молярную массу соли:

$$M(FeXn) = \frac{M(Fe)}{\omega(Fe)} = \frac{56}{0.20702} = 270.5 \text{ г/моль}$$

Так как число дробное, то скорее всего это хлорид железа(+3):

$$M(FeXn) - M(Fe) - 3M(Cl) = 270.5 - 56 - 3 * 35.5 = 108 \text{ г/моль.}$$

Обычно хлорид железа(+3) является кристаллогидратом $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, что и подтверждается оставшейся массой 6 молекул воды.

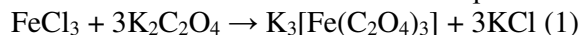
Таким образом, количество соли хлорида железа составляет:

$$n(FeCl_3 \cdot 6H_2O) = \frac{m(соли)}{M(соли)} = \frac{2.705}{270.5} = 0.01 \text{ моль,}$$

а количество оксалата калия:

$$n(K_2C_2O_4) = \frac{m(соли)}{M(соли)} = \frac{4.98}{166} = 0.03 \text{ моль.}$$

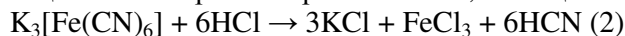
Реакция образования вещества **A** представляет собой взаимодействие хлорида железа(+3) и оксалата калия в соотношении 1:3 по молям – триоксалатоферрат (III) калия:



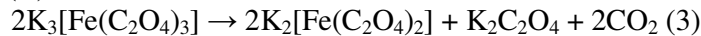
Вещество **B** – очевидно соль железа, которая содержит цианогруппу. Такими солями являются красная и желтая кровяные соли. Подтвердим расчетами:

$$M(B) = \frac{M(Fe)}{\omega(Fe)} = \frac{56}{0.1702} = 329 \text{ г/моль} = M(Fe) + 6M(CN) + 3M(K)$$

Таким образом вещество **B** – красная кровяная соль, гексацианоферрат(+3) калия:



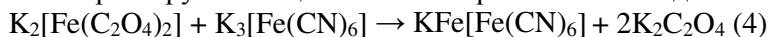
При освещении УФ лучами $K_3[Fe(C_2O_4)_3]$ разлагается с образованием соединения **B** – диоксалатоферрата (II) калия:



Правильность установления соединения **B** подтверждаем расчетом массовой доли железа:

$$w(Fe) = \frac{M(Fe) \cdot 100}{M(K_2[Fe(C_2O_4)_2])} = \frac{56 \cdot 100}{310} = 18.07\%$$

Вещество **A** затем реагирует с веществом **B** с образованием соединения **Г**:



Разбалловка

Определение веществ A – Г	4x1,5б. = 6 б.
Написание уравнений (1) – (4)	4x1б. = 4 б.
ИТОГО	10 б.

3.2.2. Задания 10 класса

Задача №10-1

В «Фаусте» описано получение сулемы – хлорида ртути (II) HgCl_2 (А).

«Красный лев» – красный оксид ртути (II) HgO (Б).

Данное предположение подтверждается расчетом:

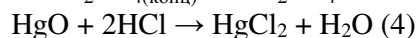
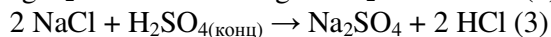


$$M(\text{смеси}) = 108,3 \cdot 2 = 216,6 \text{ г/моль.}$$

$$M(\text{Hg}) + 0,5 M(\text{O}_2) = 200,6 + 0,5 \cdot 32 = 216,6 \text{ г/моль}$$

Металл **В** – ртуть Hg .

«Прекрасная лилия» - хлороводородная кислота HCl (Г).



Растворы металлов в ртути называются амальгамами.

Рассчитаем массу оксида ртути и хлороводородной кислоты для получения 27,15 г сулемы:

$$n(\text{HgCl}_2) = 27,15/271,5 = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{HgO}) = n(\text{HgCl}_2) = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{HgO}) = 0,1 \cdot 216,5 = 21,65 \text{ г}$$

$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{HgCl}_2) = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{HCl}) = 0,2 \cdot 36,5 = 7,3 \text{ г}$$

$$m(\text{раствора}) = 7,3/0,15 = 48,7 \text{ г}$$

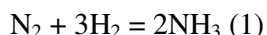
Сулему использовали как обеззараживающее средство, однако из-за ее ядовитых свойств уже небольшая передозировка приводит к смертельному исходу.

Разбалловка

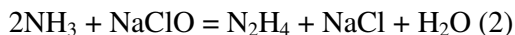
Установление формул веществ А – Г	4x0,5 б. = 2 б.
Написание уравнений реакций (1) – (4)	4x1 б. = 4 б.
Название сплавов металлов с ртутью	1 б.
Расчет масс HCl и HgO	2 б.
Объяснение смерти больных при лечении сулемой	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-2

В атмосфере Земли наибольшую объемную (и массовую) долю имеют азот, кислород и аргон. Однако кислород широко распространен и в литосфере, а аргон не образует химических соединений, поэтому X – это азот. Кроме , из указанных соединений только для азота важную роль в технологии его соединений играет реакция с водородом – получение аммиака – NH₃ (вещество Б):



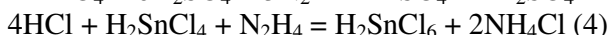
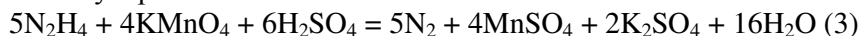
Окисление Б гипохлоритом натрия в присутствии желатина приводит к образованию гидразина – N₂H₄ (В):



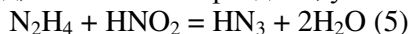
Формулу вещества В можно получить исходя из массовой доли элемента X. Так как она незначительно отличается от массовой доли азота в аммиаке, то считаем, что элементный состав Б и В одинаков. Тогда, приняв общую формулу В как N_aH_b:

$$a:b = 87,5/14 : 12,5/1 = 6,25 : 12,5 = 2 : 4.$$

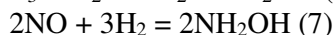
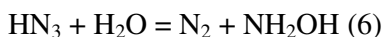
В окислительно-восстановительных реакциях гидразин восстанавливается до аммиака и окисляется до молекулярного азота:



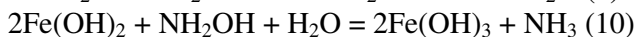
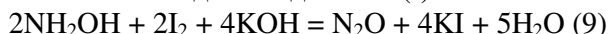
Взаимодействие гидразина и азотистой кислоты приводит к образованию азидоводорода – HN₃ (Г), который в водном растворе является кислотой по силе сопоставимой с уксусной. Определить молекулярную формулу Г можно аналогично гидразину, предположив, что Г содержит только азот и водород, что вполне оправдано, учитывая массовую долю азота в Г.



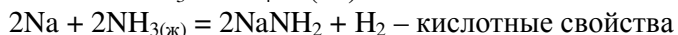
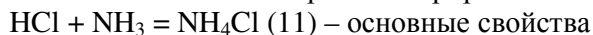
Вещество Д – это гидроксилламин (NH₂OH), что можно подтвердить расчетом массовой доли азота.



В окислительно-восстановительных реакциях гидроксилламин восстанавливается до аммиака аналогично гидразину, но окисляется до оксида азота (I):



Кислотно-основные свойства аммиака можно проиллюстрировать следующими реакциями:



В ряду NH₃ – N₂H₄ – NH₂OH основные свойства уменьшаются, что связано с понижением электронной плотности на атоме азота за счет электроноакцепторных свойств соседней амино- (NH₂) или гидроксильной (OH) группы:

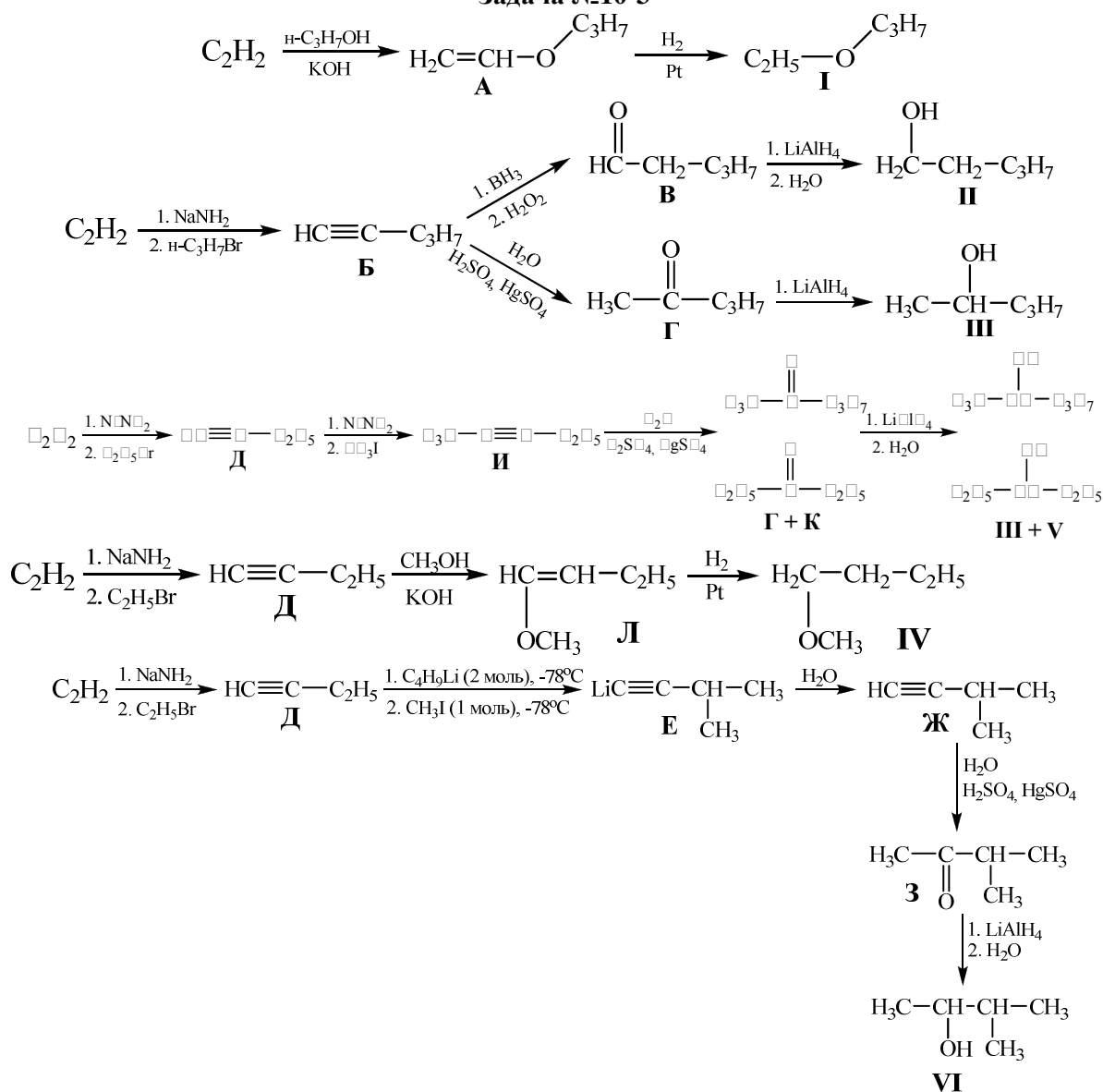


Очевидно, чем сильнее заместитель снижает электронную плотность на атоме азота аминогруппы, тем слабее соответствующее основание.

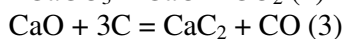
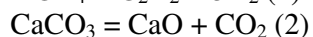
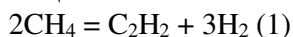
Разбалловка

Указание элемента X (без обоснования – 0,5 б.)	2 б.
Определение веществ А – Д	5x0,5б. = 2,5 б.
Написание уравнений реакций (1), (2), (5) – (8)	6x0,25б. = 1,5 б.
Написание уравнений реакций (3), (4), (9), (10)	4x0,5б. = 2 б.
Примеры реакций кислотно-основных свойств аммиака	2x0,5б. = 1 б.
Указание на снижение основности в ряду NH ₃ –N ₂ H ₄ –NH ₂ OH (без объяснения – 0,5 б.)	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-3



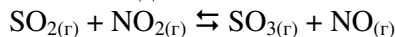
Способы промышленного получения ацетилена:



Разбалловка

Структурные формулы веществ I – VI	6x0,5б. = 3 б.
структурные формулы веществ А – Л	10x0,5б. = 5 б.
Написание уравнений (1) – (4)	4x0,5 б. = 2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-4



$$K_c = \frac{[\text{SO}_3][\text{NO}]}{[\text{SO}_2][\text{NO}_2]}$$

Пусть концентрация вступившего в реакцию диоксида серы равна x моль/дм³, тогда концентрация вступившего в реакцию диоксида азота – x моль/дм³, а концентрации образовавшихся веществ SO_3 и NO равны по x моль/дм³.

Так как в условии задачи ничего не сказано о начальных концентрациях веществ, являющихся продуктами реакции, то примем, что начальные концентрации этих веществ равны 0. Учитывая, что концентрации исходных веществ при протекании реакции уменьшаются, а концентрации продуктов – увеличиваются, заполним таблицу:

Исходные концентрации веществ, моль/дм ³		Равновесные концентрации веществ, моль/дм ³	
SO_2	$0,20 + x$	SO_2	$0,20$
NO_2	$0,50$	NO_2	$0,50 - x$
SO_3	0	SO_3	x
NO	0	NO	x

В выражение константы равновесия подставляем равновесные концентрации веществ и решаем полученное уравнение.

$$K_c = \frac{[\text{SO}_3][\text{NO}]}{[\text{SO}_2][\text{NO}_2]} = \frac{x \cdot x}{0,20 \cdot (0,50 - x)} = 0,125$$

$$x^2 = 0,0125 - 0,025x$$

$$x^2 + 0,025x - 0,0125 = 0$$

Решая данное уравнение получим, что $x_1 = 0,1$ и $x_2 = -0,125$. Второй корень не удовлетворяет условиям, так как концентрация вещества не может быть отрицательной.

Тогда исходная концентрация диоксида серы была равна $0,2 + 0,1 = 0,3$ моль/дм³.

Вычислим степень превращения диоксида серы:

$$\alpha = \frac{C_{\text{исх}}(\text{SO}_2) - [\text{SO}_2]}{C_{\text{исх}}(\text{SO}_2)} \cdot 100 = \frac{0,3 - 0,2}{0,3} = 33,33\%$$

Если степень превращения диоксида серы составит 95%, то равновесная концентрация SO_2 будет равна:

$$[\text{SO}_2] = 0,3 - 0,95 \cdot 0,30 = 0,015 \text{ моль/дм}^3$$

Исходные концентрации веществ, моль/дм ³		Равновесные концентрации веществ, моль/дм ³	
SO_2	$0,20$	SO_2	$0,015$
NO_2	y	NO_2	$y - 0,285$
SO_3	0	SO_3	$0,285$
NO	0	NO	$0,285$

При постоянных условиях константа равновесия является постоянной величиной, поэтому зная её величину, можем вычислить начальную концентрацию диоксида азота:

$$K_c = \frac{[SO_3][NO]}{[SO_2][NO_2]} = \frac{0,285 \cdot 0,285}{0,015 \cdot (y - 0,285)} = 0,125$$

$$0,081 = 0,002y - 0,0005$$

$$y = 40,75 \text{ моль/дм}^3$$

Следовательно, если начальная концентрация диоксида азота будет равна 40,75 моль/дм³, то степень превращения диоксида серы составит 95%.

Приведенная реакция является одной из стадий получения серной кислоты нитрозным методом, а именно стадия окисления диоксида серы до триоксида серы, которая в настоящий момент заменена более эффективным каталитическим окислением кислородом.

Разбалловка

Написание выражения для константы равновесия реакции	1 б.
Расчет начальной концентрации диоксида серы	4 б.
Расчет степени превращения диоксида серы	1 б.
Расчет начальной концентрации диоксида азота	3 б.
Указание на нитрозный способ получения серной кислоты	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-5

1. Как видно из рисунка элементарная ячейка содержит 6 атомов меди, каждый из которых принадлежащих элементарной ячейке на 1/2 и 8 атомов золота, принадлежащих ячейке на 1/8. Следовательно состав ячейки и формула ИМС – Cu₃Au.

2. Приняв, что плотность металла равна отношению массы атомов металла в элементарной ячейке (m) к объему элементарной ячейки (V_{эя}) получим:

$$\rho = \frac{m}{V_{\text{эя}}}$$

Так как мы имеем дело с кубической элементарной ячейкой, то $V_{\text{эя}} = a^3$

Массу атомов в одной элементарной ячейке найдем как произведение количества формульных единиц (Z) на массу одной формульной единицы, определив ее как отношение молярной массы металла (M) к числу Авогадро (то есть отношение массы 1 моля металла к числу атомов металла в 1 моле):

$$m = Z \frac{M}{N_A}$$

$$\rho = \frac{ZM}{N_A a^3} \left[\frac{\text{г/моль}}{1/\text{моль} \cdot \text{см}^3} = \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right]$$

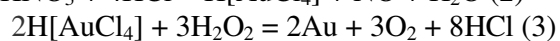
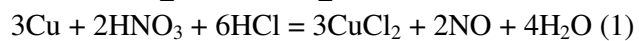
Отсюда параметр элементарной ячейки равен:

$$a = \sqrt[3]{\frac{ZM}{N_A \rho}} = \sqrt[3]{\frac{1 \cdot 387,5}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 12,2}} = 3,75 \cdot 10^{-8} = 3,75 \text{ \AA}$$

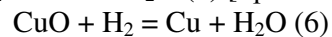
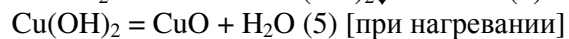
Кратчайшее межатомное расстояние равно расстоянию между атомами меди и золота, то есть половине гипотенузы равнобедренного прямоугольного треугольника образованного тремя атомами золота, лежащими в на одной из граней куба. Вычислим кратчайшее межатомное расстояние (r) используя теорему Пифагора:

$$(2r)^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$$

$$r = \frac{\sqrt{2a^2}}{2} = \frac{\sqrt{2 \cdot (3,75)^2}}{2} = 2,65 \text{ \AA}$$



Для выделения меди можно воспользоваться следующей последовательностью действий:

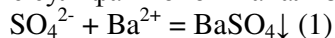


Разбалловка

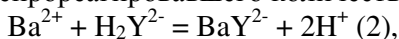
Определение формулы ИМС	2 б.
Расчет параметра элементарной ячейки	3 б.
Расчет кратчайшего межатомного расстояния	1 б.
Написание уравнений (1) – (3)	3x1б. = 3 б.
Способ выделения меди из раствора	1 б.
ИТОГО	10 б.

3.3.2. Задание 10 класса

Первая стадия анализа – осаждение сульфат-ионов в анализируемой пробе:



Вторая стадия – определение непрореагировавшего количества ионов бария:



где H_2Y^{2-} – анион ЭДТА

Очевидно, что количество моль бария, вступившего в реакцию (1) эквивалентно содержанию сульфат-ионов и может быть найдено, как разница между общим количеством хлорида бария введенным в анализируемую пробу и непрореагировавшим количеством катионов бария, найденных вторым титрованием:

$$n(\text{SO}_4^{2-}) = n(\text{Ba}^{2+}) = n_{\text{об}}(\text{Ba}^{2+}) - n_{\text{изб}}(\text{Ba}^{2+})$$

Общее количество моль введенного катиона бария найдем по формуле:

$$n_{\text{об}}(\text{Ba}^{2+}) = C(\text{BaCl}_2) \cdot V(\text{BaCl}_2) \cdot 10^{-3} = C(\text{BaCl}_2) \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ (моль)}$$

Избыток катионов бария найдем по результатам титрования:

$$n_{\text{изб}}(\text{Ba}^{2+}) = n(\text{H}_2\text{Y}^{2-}) = C(\text{H}_2\text{Y}^{2-}) \cdot V(\text{H}_2\text{Y}^{2-}) \cdot 10^{-3} \cdot 10 \text{ (моль)},$$

где 10 – множитель, учитывающий разбавление анализируемой пробы.

Зная количество сульфат-ионов в анализируемом растворе пересчитаем их на сульфат натрия:

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n(\text{SO}_4^{2-}) \cdot M(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot 10^3 \text{ (мг)}$$

Как видно из реакции (2) при взаимодействии катионов бария с ЭДТА образуются ионы водорода. Добавление буферного раствора при определении бария необходимо, чтобы избежать подкисления раствора и тем самым сохранить благоприятные условия для количественного определения бария.

Разбалловка

Приведение расчетов, позволяющих определить массу Na_2SO_4 в анализируемом растворе (без учета точности результатов)	6 б.
Количественная характеристика результата: при относительной ошибке менее 5 % каждые дополнительные 5% ошибки – снижение на 2 балла	8 б.
Написание уравнений (1) и (2)	2х1б. = 2 б.
Структурные формулы ЭДТА и ее комплекса с Ba^{2+}	2х1б. = 2 б.
Объяснение необходимости добавления буферного раствора	2 б.
ИТОГО	20 б.