

Задания 9 класса

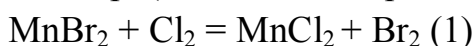
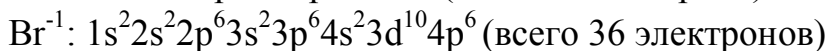
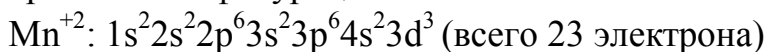
Представлен один из возможных вариантов решения заданий

Задача №9-1

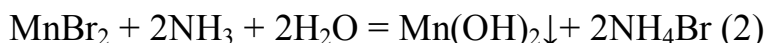
Поскольку элементы находятся в одном и том же периоде и в одной и той же группе периодической системы, наиболее вероятно, что один из них находится в главной подгруппе, а другой – в побочной, т. е. является *d*-металлом. Степени окисления можно подобрать по разнице в 13 для количества электронов. Неметалл скорее всего – галоген (хорошая растворимость В), в степени окисления -1. Разница в электронах на 13 говорит о том металл имеет степень окисления +2. Судя по свойствам, это марганец (**А = Mn**), и вещество представляет собой бромид марганца (**Б = Br**). К такому же ответу можно было бы прийти, подбирая пары элементов по разности количества протонов ($35-25=10$), или догадаться по описанным далее цветным реакциям (выделение бурого вещества при пропускании хлора, образование зеленой окраски в реакции 5).

В итоге имеем формулу вещества **В = MnBr₂**, которую можно было также вывести по массовой доле. А в нашем рассуждении можно провести проверку: Действительно, массовая доля марганца в MnBr₂ равна $55 / 215 \approx 0,256 = 25,6\%$.

Электронные конфигурации:



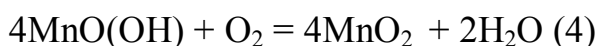
При действии избытка аммиака на соли марганца (II) выпадает в осадок гидроксида марганца (II):



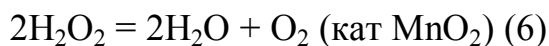
При окислении гидроксида марганца (II) на воздухе по данным разных авторов образуются гидроксиды марганца (III) или (IV) переменного состава (MnOOH, MnO(OH)₂, Mn₂O₃·nH₂O, MnO₂·nH₂O, Mn₂O₃, MnO₂). Массовой доле кислорода 36,36% отвечает MnOOH (вещество Г):



При прокаливании гидроксидов образуются оксиды, при этом в данном случае это могут быть Mn₂O₃, MnO₂ и Mn₃O₄. Формулу оксида выводим (или подбираем) по массовой доле кислорода. Под данные задачи подходит оксид MnO₂ (вещество Д):



По описанию, Е – пероксид водорода (H_2O_2), который каталитически разлагается при контакте с оксидом марганца:



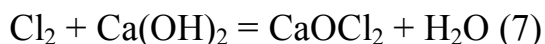
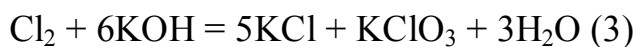
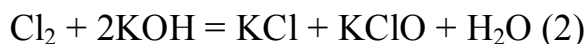
А – Mn	В – MnBr_2	Д – MnO_2	Ж – O_2
Б – Br	Г – MnOOH	Е – H_2O_2	

Разбалловка

Определение элементов А и Б	2x1 б. = 2 б.
Определение веществ В–Ж	5x0,5 б. = 2,5 б.
Электронные формулы элементов А и Б	2x 0,5 б. = 1 б.
Уравнения реакций (1), (2), (6)	3x0,5 б. = 1,5 б.
Уравнения реакций (3), (4), (5)	3x1 б. = 3 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-2

Элемент Х – хлор.



1 – Cl_2	4 – HClO_4	7 – O_2
2 – KClO_3	5 – KCl	8 – HCl
3 – KClO_4	6 – KClO	9 – CaOCl_2

Тривиальные названия: 2 – бертолетова соль

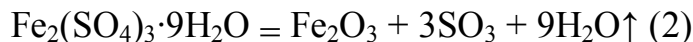
8 – соляная кислота

Разбалловка

Определение элемента Х	1 б.
Формулы веществ 1–9	10 x 0,5 б. = 4,5 б.
Тривиальные названия веществ 2 и 8	2 x 0,5 б. = 1 б.
Написание уравнений (1)–(7)	7 x 0,5 б. = 3,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-3

Разложение солей идёт по уравнениям:



Из уравнений следует:

из 2 моль $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ образуется 1 моль Fe_2O_3 ,

из 1 моль $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ образуется 1 моль Fe_2O_3

Зная молярные исходных солей и продукта разложения составим систему уравнений:

$M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 278$ г/моль, $M(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) = 562$ г/моль, $M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 160$ г/моль

(1) массы сульфатов железа (II) и (III) в исходной смеси

$$x + y = 135,7 \text{ г}$$

(2) свяжем массы солей с массой образовавшегося Fe_2O_3 :

$$\frac{160}{2 \cdot 278} x + \frac{160}{562} y = 39,2$$

$$0,2878x + 0,285y = 39.$$

$$y = 135,7 - x,$$

$$0,2878x + 0,2847(135,7 - x) = 39.$$

$$0,2878x - 0,2847x = 39 - 38,634,$$

$$0,0031x = 0,36621$$

$$x = 0,36621/0,0031 = 118,132$$

$$y = 17,568$$

Рассчитаем массовые доли солей в исходной смеси:

$$\omega(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = \frac{118,132}{135,7} \cdot 100 = 87,054 \%,$$

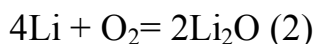
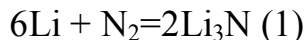
$$\omega(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) = \frac{17,568}{135,7} \cdot 100 = 12,946 \%.$$

Разбалловка

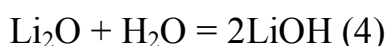
Написание уравнений (1) – (2)	2х 1 б. = 2 б.
Составление системы уравнений для расчета масс солей	2 б.
Решение системы уравнений	4 б.
Расчет массовых долей исходных солей	2 х 1 б. = 2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-4

Элемент **А** – это литий, что можно понять из его названия и окраски пламени его соединениями. При горении на воздухе литий образует нитрид и оксид:



Полученные соединения активно взаимодействуют с водой с образованием гидроксида лития (**Б**), а в случае гидролиза нитрида лития выделяется аммиак (**В**):



Взаимодействие аммиака с бромом приводит к получению бромид азота (III):



$$n(\text{Br}_2) = 48,0 / 160,0 = 0,3 \text{ моль};$$

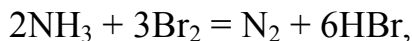
по уравнению (5) $n(\text{NH}_3) = 0,1$ моль, тогда по уравнению (3) $n(\text{Li}_3\text{N}) = 0,1$ моль, соответственно образование нитрида по уравнению (1) затрачено:

$$n_1(\text{Li}) = 0,3 \text{ моль}$$

тогда на образование оксида:

$$n_2(\text{Li}) = 3,5/7,0 - 0,3 = 0,2 \text{ моль}$$

Другим возможным направлением реакции (5) является образование азота и бромоводорода:



однако, если бы реакция шла по этому пути нам бы потребовалось 0,2 моль аммиака и соответственно 0,6 моль лития на образование нитрида, поэтому в данном случае верным является уравнение с образованием бромид азота (III).

Рассчитаем массовую долю гидроксида лития в растворе. В соответствии с уравнениями (1) – (4) $n(\text{LiOH}) = n(\text{Li}) = 0,5$ моль, поэтому $m(\text{LiOH}) = 12,0$ г.

В процессе гидролиза выделился аммиак в количестве 0,1 моль или 1,7 г

Масса раствора будет складываться из масс воды, оксида и нитрида лития за вычетом массы выделившегося аммиака:

$$m(\text{р-ра}) = 100 + 0,1 \cdot 35 + 0,1 \cdot 30 - 1,7 = 108,2 \text{ г}$$

$$\omega(\text{LiOH}) = 12,0 / 108,2 = 0,111 \text{ (11,1\%)}$$

Разбалловка

Определение веществ А – В	3x1 б. = 3 б.
Написание уравнений (1) – (5)	5x1 б. = 5 б.
Расчет массовой доли гидроксида лития в растворе	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-5

Рассчитаем фактор Пиллинга–Бэдвордса для оксида никеля и магния.

Для NiO:

$$A_{\text{Me}} = 59 \text{ г/моль}, M_{\text{ок}} = 59 + 16 = 75 \text{ г/моль}, n = 1$$

$$\rho_{\text{Me}} = 8,9 \text{ г/см}^3, \rho_{\text{ок}} = 6,7 \text{ г/см}^3$$

$$\alpha = \frac{75 \cdot 8,9}{1 \cdot 59 \cdot 6,7} = 1,7$$

α лежит в интервале $2,5 > \alpha > 1$, то есть оксидная пленка является сплошной и обладает защитными свойствами.

Для MgO:

$$A_{\text{Me}} = 24 \text{ г/моль}, M_{\text{ок}} = 24 + 16 = 40 \text{ г/моль}, n = 1$$

$$\rho_{\text{Me}} = 1,74 \text{ г/см}^3, \rho_{\text{ок}} = 3,6 \text{ г/см}^3$$

$$\alpha = \frac{40 \cdot 1,74}{1 \cdot 24 \cdot 3,6} = 0,81$$

α не лежит в интервале $2,5 > \alpha > 1$, т.е. оксидная пленка не получается сплошной и не обладает защитными свойствами.

Рассчитаем скорость коррозии для никеля, для чего скорость коррозии в $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сутки})$ разделим на плотность никеля $\text{г}/\text{м}^3$:

$$v_{\text{к}}(\text{Ni}) = \frac{1,45}{8,9 \cdot 10^6 \text{ м}^2 \cdot \text{сутки}} \frac{\text{г}}{\text{г}} \frac{\text{м}^3}{\text{г}} = 1,63 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}}{\text{сутки}}$$

Примем, что $1 \text{ м} = 1000 \text{ мм}$, $1 \text{ сутки} = 1/365 \text{ дней в году} = 2,74 \cdot 10^{-3} \text{ года}$, тогда

$$v_{\text{к}}(\text{Ni}) = \frac{1,63 \cdot 10^{-7} \cdot 1000}{2,74 \cdot 10^{-3}} = 5,95 \cdot 10^{-2} \text{ мм/год.}$$

Аналогично для магния, скорость коррозии в $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сутки})$ разделим на плотность магния $\text{г}/\text{м}^3$:

$$v_{\text{к}}(\text{Mg}) = \frac{1,45}{1,74 \cdot 10^6 \text{ м}^2 \cdot \text{сутки}} \frac{\text{г}}{\text{г}} \frac{\text{м}^3}{\text{г}} = 8,33 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}}{\text{сутки}}$$

$$v_{\text{к}}(\text{Mg}) = \frac{8,33 \cdot 10^{-7} \cdot 1000}{2,74 \cdot 10^{-3}} = 30,40 \cdot 10^{-2} \text{ мм/год.}$$

Разбалловка

Расчет α и вывод о защитных свойствах пленки для MgO и NiO	2x2 б. = 4 б.
Расчет скорости коррозии магния и никеля	2x3 б. = 6 б.
ИТОГО	10 б.

Задания 10 класса

Представлен один из возможных вариантов решения заданий

Задача №10-1

Определим массу кислоты, содержащейся в 80 г раствора.

$$m(\text{кислоты}) = \frac{\omega \cdot m(\text{р-ра})}{100\%} = 12(\text{г}) .$$

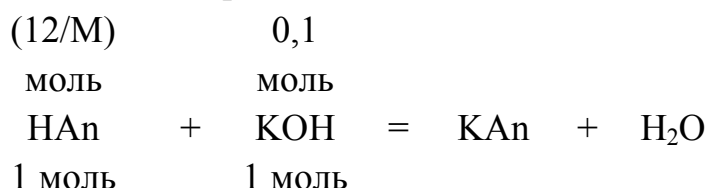
Определим количество вещества KOH:

$$m(\text{р-ра KOH}) = \rho_{\text{р-ра}} \cdot V_{\text{р-ра}} = 1,09 \text{ г / мл} \cdot 51,4 \text{ мл} = 56,0 \text{ г} ;$$

$$m(\text{KOH}) = \frac{\omega \cdot m(\text{р-ра})}{100\%} = 5,6(\text{г}) .$$

$$\nu(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{M(\text{KOH})} = 0,1(\text{моль})$$

Определим молярную массу кислоты, учитывая ее основность и уравнение реакции взаимодействия с гидроксидом калия:



Исходя из стехиометрии взаимодействия между указанными веществами, запишем соотношение:

$$\frac{12}{M} = 0,1; \text{ откуда } M = 120 \text{ г/моль.}$$

Определим формулу кислоты, учитывая ее молярную массу и место кислотообразующего элемента в периодической системе. Проверим вначале возможность принадлежности кислоты к бескислородным кислотам. Будем иметь в виду, что бескислородные кислоты образуют только атомы типичных неметаллов, находящихся в главных подгруппах. Общая формула кислоты, образованной неметаллом VII группы, **HЭ**, откуда следует:

$$M_r(\text{Э}) = 120 - 1 = 119 \text{ г/моль}$$

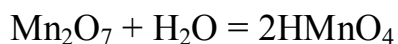
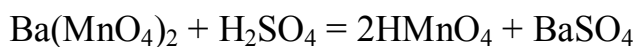
Ни один из атомов галогенов не имеет такой молекулярной массы. Следовательно, определяемая кислота может быть только кислородсодержащей. Представим формулу кислоты в общем виде: **HЭO_n**. Варьируя значения коэффициента n, будем рассчитывать по молекулярной массе кислоты молекулярные массы элементов. Подходящими значениями будут те, которые наиболее близ-

ки к молекулярным массам элементов VII группы периодической системы. Заметим, что кислородсодержащие кислоты могут быть образованы и атомами переходных металлов в высокой степени окисления. Результаты расчета приведены в таблице:

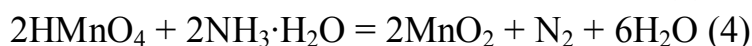
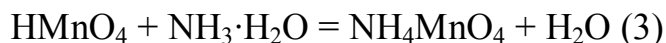
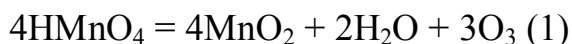
n	1	2	3	4	5	6	7
$M_r(\text{Э})$	103	87	71	55	39	23	7

Видно, что только в случае, когда в состав кислоты входят четыре атома кислорода, наблюдается хорошее соответствие с атомной массой элемента Mn. Формула кислоты HMnO_4 – марганцевая кислота.

Способы получения марганцевой кислоты:



Уравнения химических реакций, характеризующих химические свойства марганцевой кислоты:

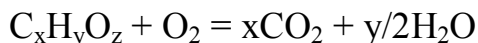


Разбалловка

Определение формулы кислоты А, подтвержденное расчетами без подтверждения расчетами – 0,5 б.	4 б.
Написание уравнений реакций, отвечающих двум способам получения марганцевой кислоты	2x1 б. = 2 б.
Написание уравнений (1) – (4)	4x1 б. = 4 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-2

Газ Y – CO_2 , следовательно, в банке скорее всего находится органическое вещество:



Найдем соотношение углерода и водорода:

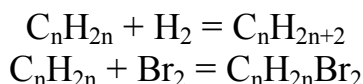
$$n(\text{CO}_2) = 5,6/22,4 = 0,25 \text{ моль, то } n(\text{C}) = 0,25 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 4,5/18 = 0,25 \text{ моль, то } n(\text{H}) = 0,25 \cdot 2 = 0,5 \text{ моль}$$

$$x : y = 1 : 2$$

Химические свойства X (обесцвечивание бромной воды и перманганата, гидрирование, присоединение HCl) позволяют предположить, что неизвестное вещество X – алкен C_nH_{2n} (или содержит хотя бы одну двойную связь)

Тогда реакции 3 и 4 будут иметь вид:



По условию, $n(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = n(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2)$

$$n(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 3,6/(14n+2)$$

С учетом выхода дибромид $m(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2) = 9,2/0,8 = 11,5 \text{ г}$

$$n(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2) = 11,5/(14n+160)$$

Тогда получим уравнение

$$3,6/(14n+2) = 11,5/(14n+160)$$

$$n = 5,$$

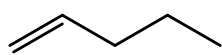
Тогда, формула вещества **X** = **C₅H₁₀** (отсутствие кислорода можно проверить).

Количество этого алкена $n(\text{C}_5\text{H}_{10}) = 0,25/5 = 0,05 \text{ моль}$

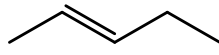
Масса алкена (каждой навески) $m(\text{C}_5\text{H}_{10}) = 0,05 \cdot 70 = 3,5 \text{ г}$

Для алкена формулы C_5H_{10} существует 6 изомеров (5 обычных изомеров, кроме того, пентен-2 обладает цис-транс изомерией):

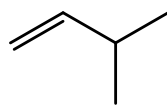
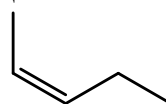
Пентен-1



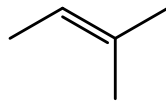
транс-пентен-2



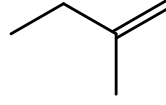
цис-пентен-2



3-метилбутен-1



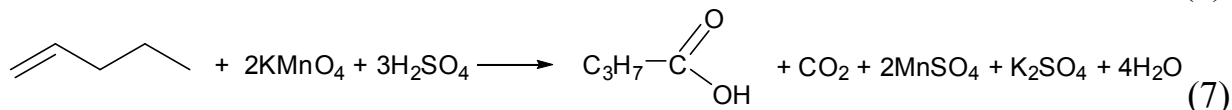
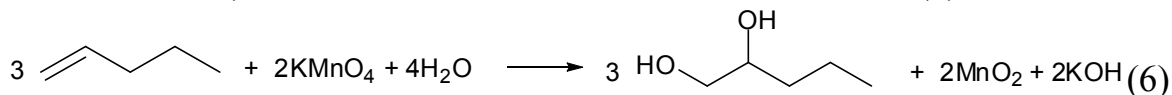
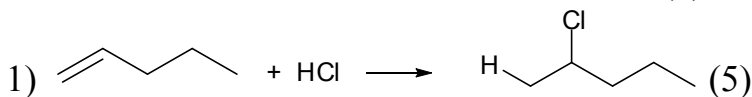
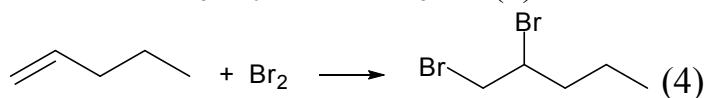
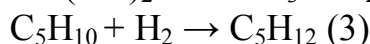
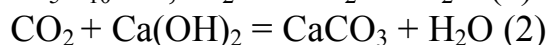
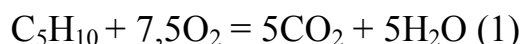
2-метилбутен-2



2-метилбутен-1

Так как при окислении **X** образуется бутановая кислота, то **X** – это пентен-1

Уравнения реакций:



Разбалловка

Вывод брутто-формулы вещества X	2 б.
Указание газа Y	0,5 б.
Определение истинной формулы X	1 б.

Написание изомеров X	6x0,5 б. = 3 б.
Написание уравнений реакций (1) – (7)	7x0,5 б. = 3,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-3

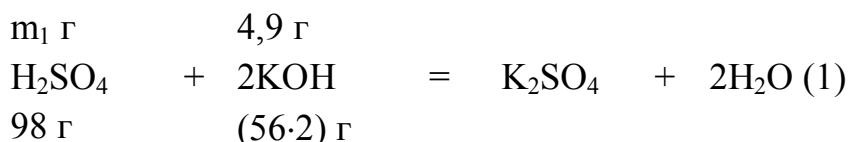
Рассчитаем массу серной кислоты (m), содержащейся в 33,3 мл раствора:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{\omega \cdot m(\text{p} - \text{ра})}{100\%} = \frac{20\% \cdot 33,3 \cdot 1,2}{100\%} = 8 \text{ г.}$$

Рассчитаем массу гидроксида калия, содержащегося в 41,7 мл раствора:

$$m(\text{KOH}) = \frac{\omega \cdot m(\text{p} - \text{ра})}{100\%} = \frac{9,8\% \cdot 41,7 \cdot 1,2}{100\%} = 4,9 \text{ г.}$$

Определим массу избытка серной кислоты (m_1), учитывая уравнение реакции нейтрализации:

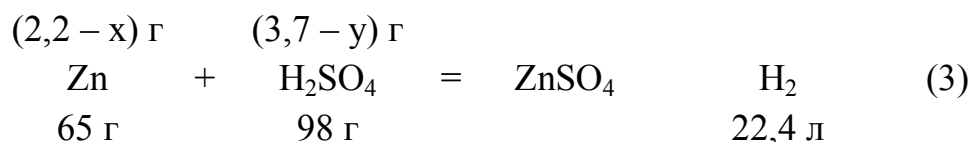
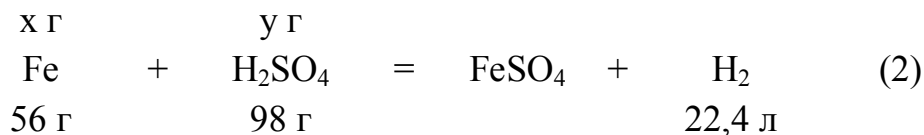


$$m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{98 \cdot 4,9}{112} = 4,3 \text{ г.}$$

Масса серной кислоты (m_2), прореагировавшая с металлами, равна:

$$m_2 = m - m_1 = 8 - 4,3 = 3,7 \text{ г.}$$

Воспользуемся алгебраическим способом решения. Пусть x г – масса железа, тогда $(2,2 - x)$ г – масса цинка. Пусть y г – масса серной кислоты, вступившей во взаимодействие с железом, тогда $(3,7 - y)$ г – масса кислоты, вступившей во взаимодействие с цинком. Учитывая уравнения взаимодействия металлов с серной кислотой, определим массы металлов в исходной смеси:



$$\begin{cases} 98 \cdot x = 56 \cdot y \\ (2,2 - x) \cdot 98 = 65 \cdot (3,7 - y); \end{cases}$$

$$x = 1,6 \text{ г}; y = 2,8 \text{ г.}$$

Масса железа 1,6 г, масса цинка 0,6 г.

Массовая доля железа равна $\frac{1,6}{2,2} \cdot 100\% = 72,7\%$.

Массовая доля цинка $100\% - 72,7\% = 27,3\%$.

Рассчитаем объем водорода, выделившегося в реакциях (2, 3):

$$V_1 = \frac{22,4\text{л} \cdot 1,6\text{г}}{56\text{г}} = 0,64\text{л}, \quad V_2 = \frac{22,4\text{л} \cdot 0,6\text{г}}{65\text{г}} = 0,21\text{л}.$$

Суммарный объем водорода равен:

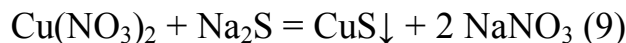
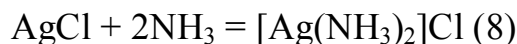
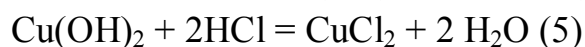
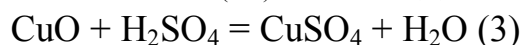
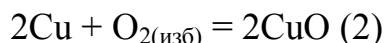
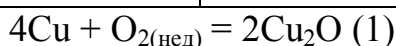
$$V = V_1 + V_2 = 0,85 \text{ л}.$$

Разбалловка

Написание уравнений (1)–(3)	3x1 б. = 3 б.
Расчет массы серной кислоты, вступившей в реакцию	2 б.
Расчет массовых долей цинка и железа в смеси	3 б.
Расчет объема водорода	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-4

A – Cu	D – CuSO ₄	G – [Cu(NH ₃) ₄](OH) ₂	J – CuS
B – Cu ₂ O	E – Cu(OH) ₂	H – AgCl	
C – CuO	F – CuCl ₂	I – [Ag(NH ₃) ₂](OH)	



Разбалловка

Определение вещества А	1 б.
Определение веществ В–J	9x0,5 б. = 4,5 б.
Написание уравнений реакций (1)–(9)	9x0,5 б. = 4,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-5

Рассчитаем фактор Пиллинга–Бэдвордса для оксида никеля и магния.

Для NiO:

$$A_{\text{Me}} = 59 \text{ г/моль}, M_{\text{ок}} = 59 + 16 = 75 \text{ г/моль}, n = 1$$

$$\rho_{\text{Me}} = 8,9 \text{ г/см}^3, \rho_{\text{ок}} = 6,7 \text{ г/см}^3$$

$$\alpha = \frac{75 \cdot 8,9}{1 \cdot 59 \cdot 6,7} = 1,7$$

α лежит в интервале $2,5 > \alpha > 1$, то есть оксидная пленка является сплошной и обладает защитными свойствами.

Для MgO:

$$A_{\text{Me}} = 24 \text{ г/моль}, M_{\text{ок}} = 24 + 16 = 40 \text{ г/моль}, n = 1$$

$$\rho_{\text{Me}} = 1,74 \text{ г/см}^3, \rho_{\text{ок}} = 3,6 \text{ г/см}^3$$

$$\alpha = \frac{40 \cdot 1,74}{1 \cdot 24 \cdot 3,6} = 0,81$$

α не лежит в интервале $2,5 > \alpha > 1$, т.е. оксидная пленка не получается сплошной и не обладает защитными свойствами.

Рассчитаем скорость коррозии для никеля, для чего скорость коррозии в $\text{г/м}^2 \cdot \text{сутки}$ разделим на плотность никеля г/м^3 :

$$v_{\text{к}}(\text{Ni}) = \frac{1,45}{8,9 \cdot 10^6 \text{ м}^2 \cdot \text{сутки}} \frac{\text{г}}{\text{г}} \frac{\text{м}^3}{\text{г}} = 1,63 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}}{\text{сутки}}$$

Примем, что $1\text{м}=1000 \text{ мм}$, $1 \text{ сутки}=1/365 \text{ дней в году} = 2,74 \cdot 10^{-3} \text{ года}$, тогда

$$v_{\text{к}}(\text{Ni}) = \frac{1,63 \cdot 10^{-7} \cdot 1000}{2,74 \cdot 10^{-3}} = 5,95 \cdot 10^{-2} \text{ мм/год.}$$

Аналогично для магния, скорость коррозии в $\text{г/м}^2 \cdot \text{сутки}$ разделим на плотность магния г/м^3 :

$$v_{\text{к}}(\text{Mg}) = \frac{1,45}{1,74 \cdot 10^6 \text{ м}^2 \cdot \text{сутки}} \frac{\text{г}}{\text{г}} \frac{\text{м}^3}{\text{г}} = 8,33 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}}{\text{сутки}}$$

$$v_{\text{к}}(\text{Mg}) = \frac{8,33 \cdot 10^{-7} \cdot 1000}{2,74 \cdot 10^{-3}} = 30,40 \cdot 10^{-2} \text{ мм/год.}$$

Разбалловка

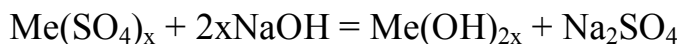
Расчет α и вывод о защитных свойствах пленки для MgO и NiO	2x2 б. = 4 б.
Расчет скорости коррозии магния и никеля	2x3 б. = 6 б.
ИТОГО	10 б.

Задания 11 класса

Представлен один из возможных вариантов решения заданий

Задача №11-1

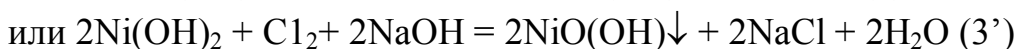
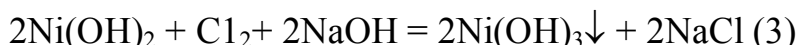
В общем виде уравнение первой реакции будет выглядеть так:



$$\text{OH} : \text{Me} = 0,366 : 0,634$$

$$\frac{34x}{0,366} = \frac{M}{0,634}$$

Если металл двухвалентный, то $x = 1$ и $M = 58,9$ г/моль, металл, подходящий под описание – никель (**X**). Учитывая, что в прошлом руда этого элемента применялась в стекловарении для окраски стёкол в зелёный цвет, а растворы никеля обладают зеленой окраской, можно предположить, что данный элемент – никель.



A – NiSO_4	B – $\text{NiO}(\text{OH})$ или $\text{Ni}(\text{OH})_3$
Б – $\text{Ni}(\text{OH})_2$	Г – $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6](\text{OH})_2$

Общая формула кристаллогидрата $\text{NiSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$.

$$M(\text{NiSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 155 + 18x$$

$$\text{Тогда } \omega = \frac{Ar(\text{Ni})}{M(\text{NiSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O})} \cdot 100\% = 20,996\%$$

$$\frac{59}{155 + 18x} = 0,20996$$

$$x = 7$$

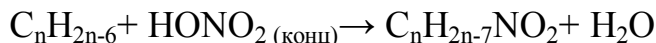
Следовательно, формула кристаллогидрата – $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Разбалловка

Определение элемента X (без подтверждения расчетом – 0,5 б.)	2 б.
Написание формул веществ А–Г	4 x 0,5 б. = 2 б.
Написание уравнений реакций 1–4	4 x 1 б. = 4 б.
Установление формулы кристаллогидрата	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-2

Общая формула гомологического ряда аренов C_nH_{2n-6} . Уравнение реакции нитрования в общем виде можно представить так:



Найдем молярные массы исходного вещества и продуктов нитрования:

$$M(C_nH_{2n-6}) = (14n-6) \text{ г/моль}$$

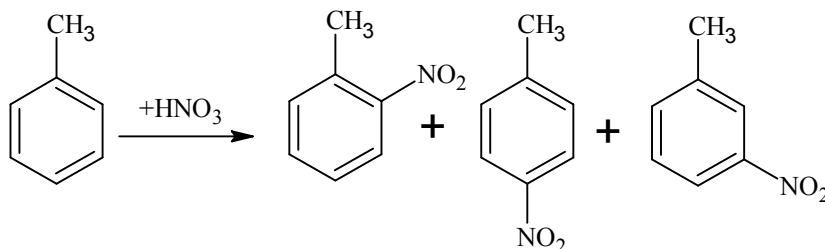
$$M(C_nH_{2n-7}NO_2) = (14n + 39) \text{ г/моль}$$

По условию реакции $M(C_nH_{2n-7}NO_2) = 1,49M(C_nH_{2n-6})$

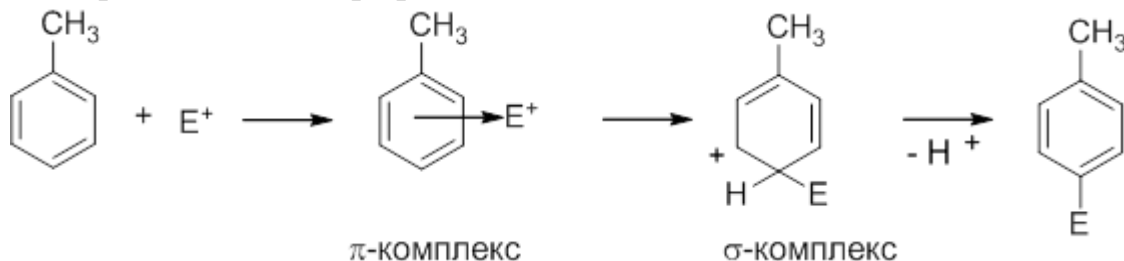
$$14n + 39 = 1,49(14n-6),$$

$$n=7, \text{ А – это толуол.}$$

В результате нитрования возможно образование трех моонитропроизводных: орто-, мета- и пара-нитротолуолы:



Механизм реакции – электрофильное замещение:



Найдем массовые доли продуктов нитрования:

$$\omega(1) = 14,75 / (14,75 + 9,25 + 1) = 0,59 \text{ или } 59\%$$

$$\omega(2) = 9,25 / (14,75 + 9,25 + 1) = 0,37 \text{ или } 37\%$$

$$\omega(3) = 1 - 0,59 - 0,37 = 0,04 \text{ или } 4\%$$

Найдем соответствие между структурой продукта и его содержанием в смеси.

Известно, что метильный радикал – заместитель 1-го рода. Он повышает электронную плотность в бензольном кольце, особенно на углеродных атомах в орто- и пара- положениях, что благоприятствуют взаимодействию с электрофильными реагентами именно этих атомов.

В то же время из условия задачи известно, что при нитровании хлорбензола и ацетанилида изомер (3) не образуется вообще. Следовательно, это – м-изомер.

При переходе от заместителей $-CH_3$ и $-Cl$ к более сложному и объемному $-NHCOCH_3$ следует ожидать уменьшения содержания в реакционной смеси о-изомера, так как более массивные заместители затрудняют подход новой

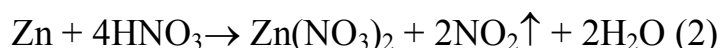
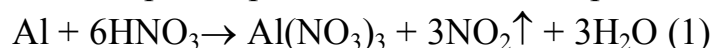
частицы в о-положение. Следовательно, о-изомер – это изомер(1) и его массовая доля 59%.

Разбалловка

Определение вещества А, подтвержденное расчетом	2 б.
Написание уравнения реакции (1)	0,5 б.
Название изомеров моонитропроизводных	3x0,5 б. = 1,5 б.
Механизм реакции (1)	1 б.
Расчет массовых долей продуктов реакции	3x1 б. = 3 б.
Объяснение массового отношения изомеров в смеси	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-3

При растворении сплава в растворе азотной кислоты протекают реакции:



Рассчитаем массовые доли компонентов в сплаве:

$$\nu(\text{NO}_2) = 7,28 / 22,4 = 0,325 \text{ моль.}$$

Пусть в реакцию вступило x моль Al и y моль Zn, тогда

$$\nu(\text{NO}_2) = 3x + 2y = 0,325 \text{ моль.}$$

Выразим массу сплава:

$$m(\text{сплава}) = m(\text{Al}) + m(\text{Zn}) = 27x + 65y = 4,57 \text{ г.}$$

Составим систему уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} 3x + 2y = 0,325, \\ 27x + 65y = 4,57, \end{cases}$$

Решением системы уравнений являются $x = 0,085$, $y = 0,035$. Следовательно, сплав содержит 0,085 моль Al и 0,035 моль Zn.

Массы металлов в сплаве:

$$m(\text{Al}) = 27 \cdot 0,085 = 2,295 \text{ г}$$

$$m(\text{Zn}) = 65 \cdot 0,035 = 2,275 \text{ г}$$

Массовые доли металлов в сплаве:

$$w(\text{Al}) = 2,295 / 4,57 = 0,5022 \text{ (50,22\%);}$$

$$w(\text{Zn}) = 2,275 / 4,57 = 0,4978 \text{ (49,78\%).}$$

Определим вся ли кислота вступила в реакцию, либо остался ее избыток:

$$m(\text{p-ра HNO}_3) = V \cdot \rho = 43,75 \cdot 1,44 = 63 \text{ г;}$$

$$m(\text{HNO}_3) = m(\text{p-ра}) \cdot \omega(\text{HNO}_3) = 63 \cdot 0,7 = 44,1 \text{ г;}$$

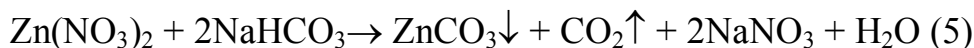
$$n(\text{HNO}_3) = 44,1 / 63 = 0,7 \text{ моль}$$

Из этого количества азотной кислоты израсходовано:

$$n(\text{HNO}_3) = 6 \cdot 0,085 + 4 \cdot 0,035 = 0,65 \text{ моль}$$

Следовательно, осталось: $n_1(\text{HNO}_3) = 0,7 - 0,65 = 0,05 \text{ моль}$.

При добавлении к раствору гидрокарбоната натрия протекают реакции:



В результате всех этих реакций выделяется CO_2 , его количество:

$$n(\text{CO}_2) = n_1(\text{HNO}_3) + 3n(\text{Al}) + n(\text{Zn}) = 0,05 + 3 \cdot 0,085 + 0,035 = 0,34 \text{ моль}.$$

Объем выделившегося диоксида углерода составляет

$$V(\text{CO}_2) = 0,34 \cdot 22,4 = 7,616 \text{ л}.$$

Масса осадка, образовавшегося в результате реакции с гидрокарбонатом:

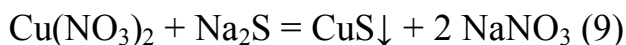
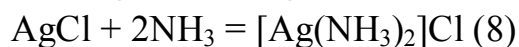
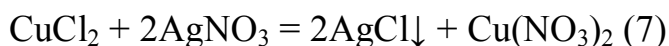
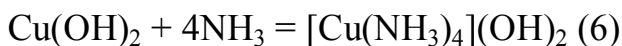
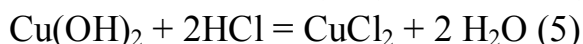
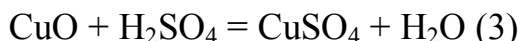
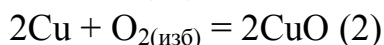
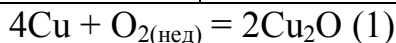
$$m = m(\text{Al}(\text{OH})_3) + m(\text{ZnCO}_3) = 0,085 \cdot 78 + 0,035 \cdot 125 = 11,005 \text{ г}$$

Разбалловка

Написание уравнений реакций (1)–(2)	2x0,5 б. = 1 б.
Написание уравнений реакций (3)–(5)	3x1 б. = 3 б.
Расчет массовых долей цинка и алюминия в сплаве	2 б.
Расчет объема выделившегося углекислого газа	3 б.
Расчет массы образовавшегося осадка	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-4

A – Cu	D – CuSO ₄	G – [Cu(NH ₃) ₄](OH) ₂	J – CuS
B – Cu ₂ O	E – Cu(OH) ₂	H – AgCl	
C – CuO	F – CuCl ₂	I – [Ag(NH ₃) ₂](OH)	

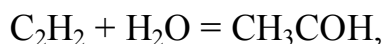


Разбалловка

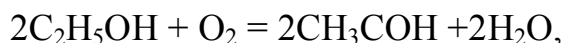
Определение вещества А	1 б.
Определение веществ В–J	9x0,5 б. = 4,5 б.
Написание уравнений реакций (1)–(9)	9x0,5 б. = 4,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-5

Катализаторами процесса Вакера, описывающегося представленной в задаче реакцией является смесь хлоридов палладия (II) и меди (II). Альтернативными путями синтеза ацетальдегида являются реакция Кучерова (в присутствии солей ртути):



а также окисление или дегидрирование этилового спирта:



Представим уравнение Менделеева-Клапейрона в следующем виде

$$PV = nRT/V;$$

$$\text{так как } n/V = c, \text{ то } P = cRT=$$

Для начальных условий:

$$P_0 = (0,1 + 0,3) RT = 0,4RT$$

После установления равновесия в смеси находится этаналь, этилен и кислород.

Пусть прореагировало x (моль/л) этилена, тогда кислорода прореагировало в два раза меньше, т.е. $0,5x$ (моль/л) и образовалось x (моль/л) этанала.

Следовательно, в равновесной смеси содержится $(0,1-x)$ (моль/л) этилена, $(0,3-0,5x)$ (моль/л) кислорода, x (моль/л) этанала. Тогда,

$$P_{\text{равн.}} = (0,1-x+0,3-0,5x+x)RT = (0,4-0,5x)RT$$

Составляем пропорцию:

$$\begin{aligned} 0,4 RT &= 100\% \\ (0,4-0,5x)RT &= 95\% \end{aligned}$$

Решая это уравнение, находим, что $x=0,04$.

$$K_c = \frac{[CH_3COH]^2}{[C_2H_4][O_2]} = \frac{0,04^2}{0,06^2 \cdot 0,28} = 1,59$$

Чтобы увеличить выход ацетальдегида необходимо создать условия для смещения химического равновесия вправо, а именно:

- увеличить давление, так как она идет с уменьшением объема
- уменьшить температуру, так как вероятнее всего указанная реакция является экзотермической (реакция окисления)

- в) увеличить концентрацию исходного вещества – кислорода
г) уменьшить концентрацию продукта реакции – ацетальдегида.

Разбалловка

Указание катализатора, который может использоваться	1 б.
Уравнения двух реакций – способов получения ацетальдегида	2x2 б. = 4 б.
Расчет константы равновесия	3 б.
Ответ на вопрос об увеличении выхода ацетилен	4x0,5 б. = 2 б.
ИТОГО	10 б.