

2.1.2. Задания 10 класса

Задача №10-1

Очевидно, что реакция взаимодействия **A** с кислородом приводит к образованию оксида общей формулой A_2O_n , где n – валентность элемента **A**.

$$w(O) = 16n / (2M + 16n) = 0,2883,$$

где M – молярная масса элемента **A**.

$$16n = 0,577M + 4,613n, M = 19,74n$$

При $n = 1$, $M = 19,74$, близко к фтору, но он не имеет степень окисления +1;

При $n = 2$, $M = 39,48$, калий – металл;

При $n = 3$, $M = 59,22$, , близко к кобальту – металл;

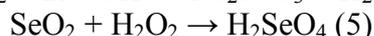
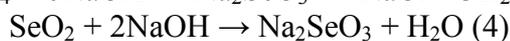
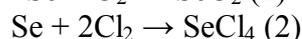
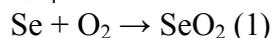
При $n = 4$, $M = 78,96$, селен, удовлетворяет условиям;

При $n = 5$, $M = 98,70$, технеций – металл;

При $n = 6$, $M = 118,44$, олово – металл.

Соответственно элемент **A** – это селен.

A	Se	D	Na_2SeO_3
B	SeO_2	E	H_2SeO_4 ;
C	$SeCl_4$	F	$Au_2(SeO_4)_3$



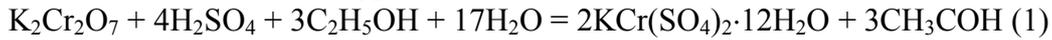
Разбалловка

Определение вещества A (без обоснования – 1 б.)	2 б.
Определение веществ B – F	$5 \times 0,5б. = 2,5 б.$
Написание уравнений реакций (1), (2), (5)	$3 \times 0,5б. = 1,5 б.$
(3), (4), (6), (7)	$4 \times 1б. = 4 б.$
ИТОГО	10 б.

Задача №10-2

1. Квасцы – двойные соли, кристаллогидраты сульфатов трёх- и одновалентных металлов общей формулы $M^+M^{3+}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, где M^+ – обычно катион щелочного металла (кроме лития) или катион аммония, а M^{3+} – один из катионов трёхвалентных металлов: алюминия, железа или хрома. В качестве примера можно привести алюмокалиевые квасцы – $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, хромокалиевые квасцы – $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, железоаммонийный квасцы – $FeNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ и др.

2. Поскольку при получении квасцов Леночка чувствовала запах свежих яблок, что указывает на образование уксусного альдегида, то можно сделать вывод, что в ходе реакции происходит окисление этанола по уравнению:



$$n(\text{квасцов}) = m/M = 56,5 / 499 = 0,113 \text{ моль}$$

По уравнению реакции (1):

$$n(H_2SO_4) = 2n(\text{квасцов}) = 0,226 \text{ моль}$$

$$n(\text{спирта}) = 1,5n(\text{квасцов}) = 0,1695 \text{ моль}$$

С учетом требуемого по методике избытка:

$$V(\text{р-ра } H_2SO_4) = 1,2 \cdot n \cdot M / w \cdot \rho = 1,2 \cdot 0,226 \cdot 98 / 0,6 \cdot 1,5 = 29,5 \text{ мл}$$

$$V(\text{спирта}) = 1,5 \cdot 0,1695 \cdot 46 / 0,96 \cdot 0,8 = 15,23 \text{ мл}$$

3. Рассчитаем массовые доли сульфатов калия и хрома (III) в квасцах. Для расчета формулу квасцов удобнее представить в виде $K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ ($M = 998 \text{ г/моль}$).

$$w(K_2SO_4) = 174 / 998 = 0,1743 \text{ (17,43\%)}$$

$$w(Cr_2(SO_4)_3) = 392 / 998 = 0,3928 \text{ (39,28\%)}$$

Масса приготовленного насыщенного раствора:

$$m(\text{р-ра}) = 200 + 56,5 = 256,5 \text{ г}$$

$$w(K_2SO_4) = 56,5 \cdot 0,1743 / 256,5 = 0,0384 \text{ (3,84\%)}$$

$$w(Cr_2(SO_4)_3) = 56,5 \cdot 0,3928 / 256,5 = 0,0865 \text{ (8,65\%)}$$

4. Массовая доля безводной соли $KCr(SO_4)_2$ в квасцах составляет $283 / 499 = 0,567$ (56,7%). С учетом этого в растворе изначально содержалось $0,567 \cdot 56,5 = 32 \text{ г}$ безводной соли.

Пусть масса выросшего кристалла квасцов составила $x \text{ г}$, тогда можно записать уравнение:

$$(32 - 0,567x) / (256,5 - x) = 0,111$$

$$x = 7,74 \text{ г}$$

5. При взаимодействии кристалла квасцов со щелочным раствором перекиси водорода происходит окислительно-восстановительная реакция с образованием хромата калия:



Таким образом, кристалл растворится, а получится желтый раствор.

Разбалловка

Определение квасцов	1 б.
Примеры квасцов (не менее 2х)	1 б.
Уравнение реакций (1) и (2)	2х1 б. = 2 б.
Расчет объемов кислоты и спирта	2х1 б. = 2 б.
Расчет массовых долей солей в насыщенном растворе	2х1 б. = 2 б.
Расчет массы кристалла	2 б.
ИТОГО	10 б.

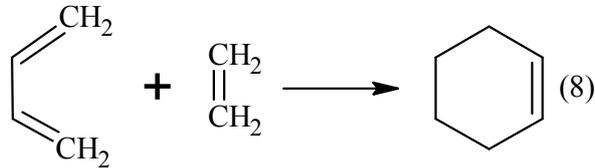
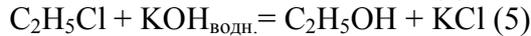
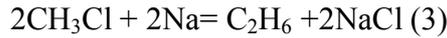
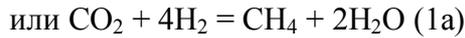
Задача №10-3

Вычислим молярную массу углеводорода А:

$$M(A) = (13,621 \cdot 10^{-23} \text{ г}) \cdot (6,02 \cdot 10^{23}) = 82 \text{ г/моль}$$

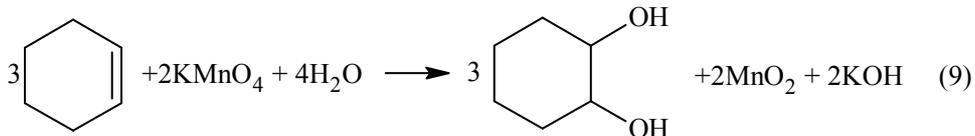
Запишем уравнения получения А, согласно представленной схеме:



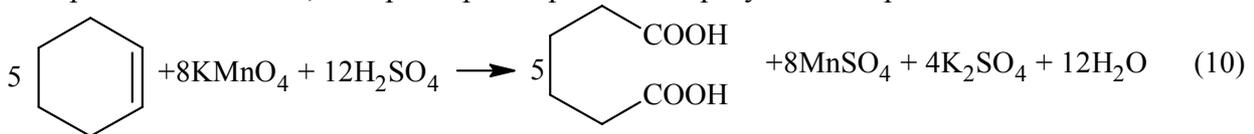


Реакция (8) – это реакция Дильса-Альдера или реакция циклоприсоединения

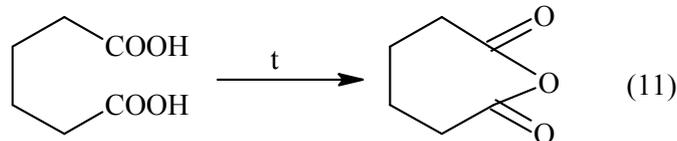
Окисление алкенов и циклоалкенов перманганатом калия в нейтральной среде приводит к образованию диолов:



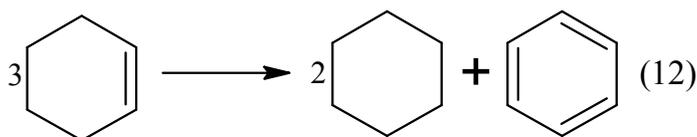
Окисление в кислой среде сопровождается разрывом двойных связей и образованием дикарбоновых кислот, которые при нагревании образуют ангидриды:



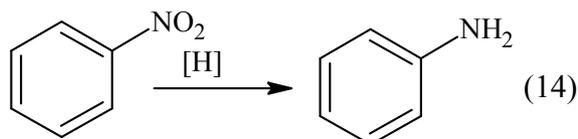
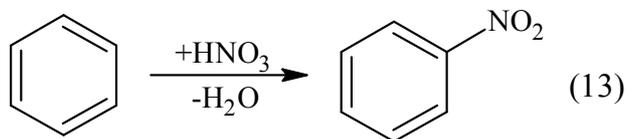
Гександиовая кислота используется в синтезе полигексаметиленадипинамида (полиамидного волокна).



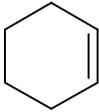
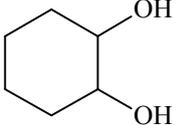
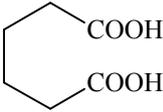
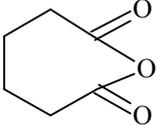
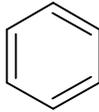
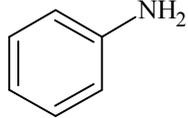
Диспропорционирование циклогексена на палладиевом катализаторе приводит к образованию циклогексана (Д) и бензола (Е):



Нитрование и последующее восстановление бензола приводит к образованию анилина:



X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
Al ₄ C ₃	CH ₃ Cl	C ₂ H ₆	C ₂ H ₅ Cl	C ₂ H ₅ OH	CH ₂ =CH- CH ₂ =CH ₂	CH ₂ =CH ₂

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
						

Разбалловка

Структурная формула вещества А	1 б.
Структурные формулы веществ X ₁ – X ₇	7x0,25 б. = 1,75 б.
Структурные формулы веществ Б – Ж	6x0,5 б. = 3 б.
Написание уравнений реакций (1) – (8), (11) – (14)	12x0,25б. = 3,0 б.
Написание уравнений (9) и (10)	2x0,5 б. = 1 б.
Ответ «реакция Дильса-Альдера» или «циклоприсоединения»	0,25 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-4

При одновременном присутствии угарного газа и хлора образуется фосген. Найдем равновесные концентрации всех компонентов реакции при нормальных условиях

$$[\text{Cl}_2] = 0,5 \text{ мг/м}^3 = 0,0005 \text{ мг/л} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ г/л}$$

$$[\text{Cl}_2] = 5 \cdot 10^{-7} / 71 = 7,04 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}$$

$$[\text{CO}] = 0,1 \text{ мг/л} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ г/л}$$

$$[\text{CO}] = 1 \cdot 10^{-4} / 28 = 3,57 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$$

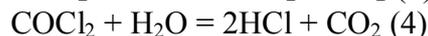
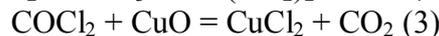
$$K_p = [\text{COCl}_2] / ([\text{CO}] \cdot [\text{Cl}_2])$$

$$K_p = X / (3,57 \cdot 10^{-6} \cdot 7,04 \cdot 10^{-9}) = 1$$

$$X = 2,51 \cdot 10^{-14} \text{ моль/л}$$

$$[\text{COCl}_2] = 2,51 \cdot 10^{-14} \cdot 99 = 2,49 \cdot 10^{-12} \text{ г/л} = 2,49 \cdot 10^{-9} \text{ мг/л}$$

Сравнивая значения ПДК равновесных концентраций угарного газа, хлора и фосгена приходим к выводу, что в помещении можно находиться длительное время.



При гидролизе фосгена образуется раствор хлороводородной и угольной кислоты. Считая, что диссоциация угольной кислоты подавлена в присутствии более сильной хлороводородной кислоты вычислим рН полученного раствора:

$$V(\text{p-ра}) = 10 \text{ м}^3 = 10000 \text{ л}$$

$$n(\text{COCl}_2) = 50 / 99 = 0,505 \text{ моль}$$

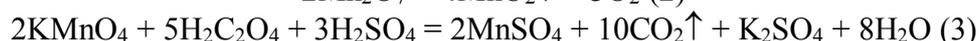
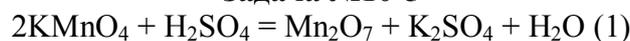
$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{COCl}_2) = 2 \cdot 0,505 \text{ моль} = 1,01 \text{ моль}$$

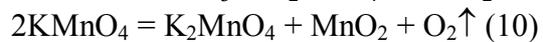
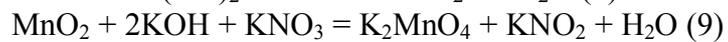
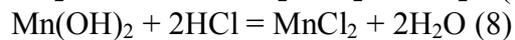
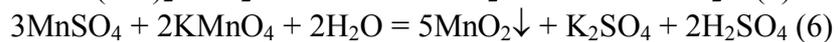
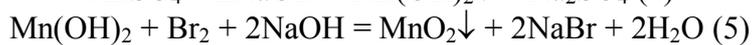
$$[\text{H}^+] = 1,01 \text{ моль} / 10000 \text{ л} = 1,01 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 4$$

Разбалловка

Расчет равновесных концентраций (моль/л) CO и Cl ₂	2x0,5б. = 1 б.
Расчет равновесной концентрации (моль/л) COCl ₂	2 б.
Вывод о безопасности нахождения в помещении	1 б.
Написание уравнений (1)–(4)	4x1б. = 4 б.
Вычисление рН раствора после гидролиза	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-5



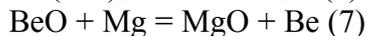
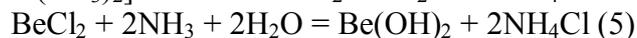
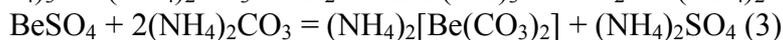
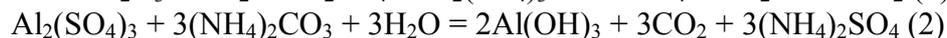
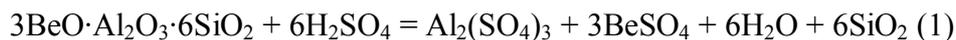
Разбалловка

Написание уравнений реакций (1)–(10)	10x1 б. = 10 б.
ИТОГО	10 б.

2.2.2. Задания 10 класса

Задача №10-1

Уравнения:



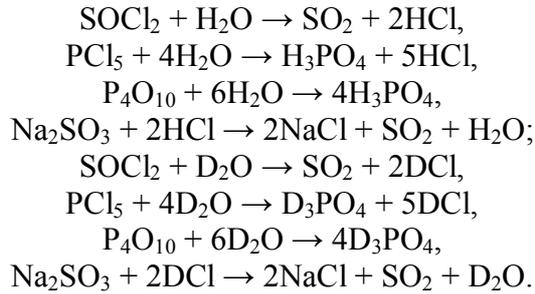
Разбалловка

Формулы двух минералов	2x0,5 = 1 б.
Названия минералов	2x0,5 = 2 б.
Определение металла X и формулы соединения Y	2x1 = 2 б.
Написание уравнений (1) - (3)	3x1 = 3 б.
Написание уравнений (4) – (7)	4x0,5 = 2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-2

Вещества А и В представляют вещества с одинаковыми химическими свойствами. По количеству нейтронов можно сказать, что вещество В на 2 а.е.м. тяжелее вещества А, но тогда эти вещества должны отличаться или на 2 атома водорода, что, скорее всего, изменило

бы свойства вещества, или это вещество содержит различные изотопы элементов. Вещество А легче, следовательно температуры плавления и кипения тоже должны быть несколько меньше. Можно предположить, что вещество А – вода H_2O , а вещество В – тяжелая вода D_2O .



Вещества:

А – H_2O ;

В – D_2O ;

С – SO_2 ;

Д – HCl , Д' – DCl ;

Е – H_3PO_4 , Е' – D_3PO_4 ;

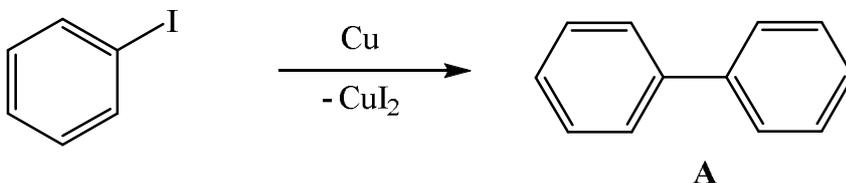
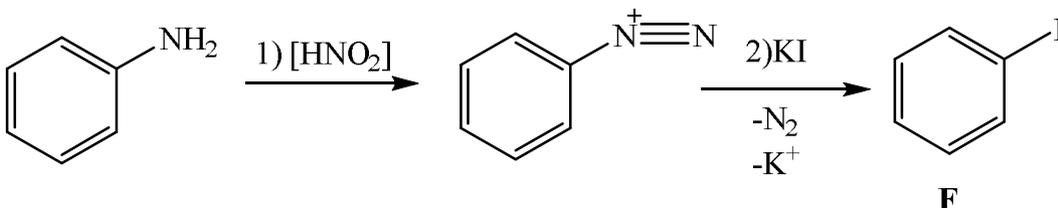
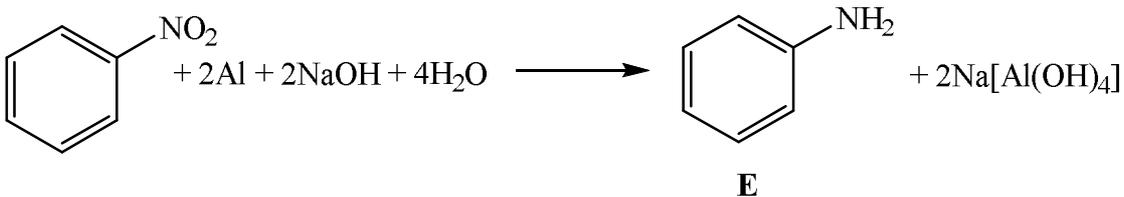
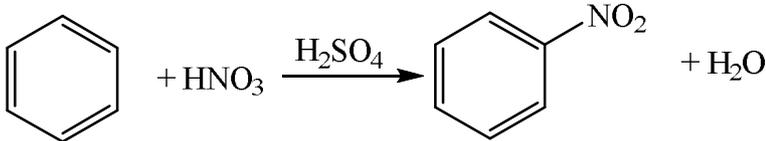
F – NaCl .

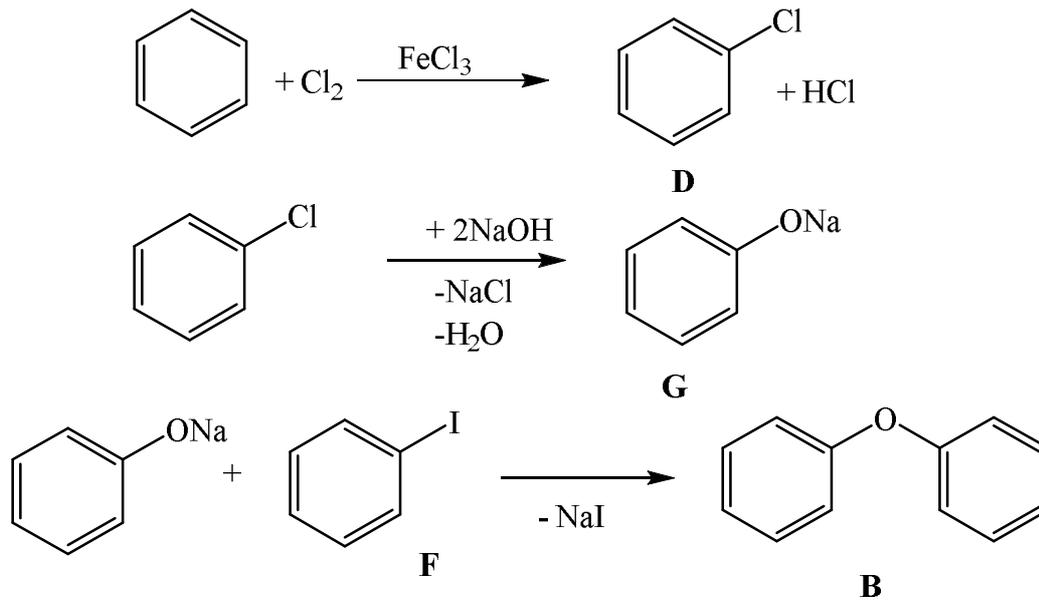
В спектроскопии ЯМР применяют дейтерированные растворители, в которых атомы протия заменены на атомы дейтерия, например: CDCl_3 , $(\text{CD}_3)_2\text{SO}$ и $(\text{CD}_3)_2\text{CO}$. Их преимущество заключается в том, что дейтерий не дает сигналов и не мешает определению водорода в органических веществах.

Разбалловка

Написание реакций 1 – 8	8*0,5=4б.
Вещества А – F	8*0,5=4б.
Объяснение необходимости использования дейтерированных растворителей при ЯМР	2б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-3





A – Дифенил, Фенилбензол;

B – Дифениловый эфир; фенилоксибензол;

Разбалловка

Написание уравнений (схем) реакций 1 – 7	7*1=7б.
Названия веществ А и В	2*1,5=3б.
ИТОГО	10б.

Задача №10-4

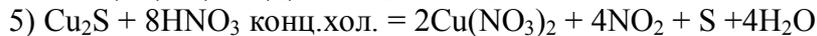
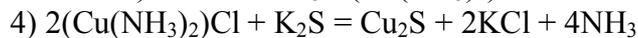
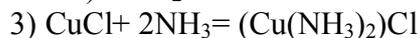
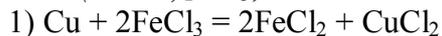
$$M(A) = (36,877 \cdot 10^{-23}) \cdot (6,02 \cdot 10^{23}) = 222 \text{ г/моль}$$

Найдем соотношение количества атомов элементов в данном соединении:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 5,4054/12 : 0,9/1 : 36,036/16 = 0,45045 : 0,9 : 2,25225 = 1:2:5$$

Определим неизвестный элемент. Пусть 1 моль соединения А содержит 1 моль атомов С. Тогда масса неизвестного элемента, содержащегося в 1 моль соединения А, составит: $m = 57,6586 \cdot 12/5,4054 = 128 \text{ г}$, что соответствует 2 моль меди (1 атом массой 127,1 г и 3 атома массой 42,7 г не подходят ни к одному элементу).

Таким образом, формула вещества – $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$, Название- *дигидроксокарбонат меди (II)*.



X-Cu

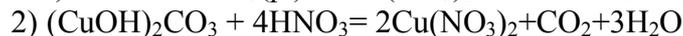
X1-CuCl₂

X2-CuCl

X3-(Cu(NH₃)₂)Cl

X4-Cu₂S

X5-Cu(NO₃)₂



$$m(\text{NaOH})_{\text{p-p}} = 137 \text{ мл} \cdot 1,05 \text{ г/мл} = 143,85 \text{ г}$$

$$m(\text{NaOH}) = 143,85 \text{ г} \cdot 0,05 = 7,1925 \text{ г}$$

$$n(\text{NaOH}) = 7,1925 \text{ г} : 40 \text{ г/моль} = 0,18 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaOH}) : n(\text{CO}_2) = 1:1 ; n(\text{CO}_2) = 0,18 \text{ моль}$$

$$n((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) : n(\text{CO}_2) = 1:1$$

$$n((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 0,18 \text{ моль} ; m((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 0,18 \text{ моль} \cdot 222 \text{ г/моль} = 39,96 \text{ г}$$

$$n(\text{NO}) = 0,2688 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,012 \text{ моль}$$

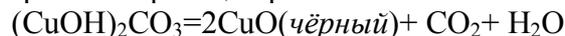
$$n(\text{NO}) : n(\text{Cu}) = 2:3$$

$$n(\text{Cu})=0,018 \text{ моль} \quad m(\text{Cu})= 0,018 \text{ моль} * 64 \text{ г/моль}= 1,152 \text{ г}$$

$$w(\text{Cu})= 1,152 \text{ г} : (1,152 \text{ г} + 39,96 \text{ г})=0,02802 \text{ (2,802 \%)}$$

$$w((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 100\% - 2,802\%= 97,198 \%$$

При нагревании малахита протекает реакция разложения



Украшение чернеет из-за образующегося оксида меди(II).

Разбалловка

Определение вещества А и его название	1 б.
Определение элемента Х	1 б.
Уравнения реакций (1) – (5)	5 x 1 б. = 5 б.
Вычисление состава исходной смеси	2 б.
Объяснение почернения А (без уравнения реакции – 0,5 б.)	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-5

Тепловой эффект реакции по закону Гесса находится как разность сумм тепловых эффектов образования продуктов и реагентов, причем каждая теплота умножается на соответствующий стехиометрический коэффициент в уравнении химической реакции:

$$Q_{\text{реак}} = \sum n_{\text{прод}} Q_{\text{обр.прод.}} - \sum n_{\text{реаг}} Q_{\text{обр.реаг.}}$$

Для реакции 1 получаем:

$$Q_{p1} = 2*395.2 - 2*296.9 = 196.6 \text{ (кДж)}$$

Количество молей газообразных веществ в ходе прямой реакции уменьшается, давление в смеси падает, значит, создание высокого давления по принципу Ле Шателье должно сместить равновесие в системе в сторону противодействия этому изменению, т.е. в сторону образования SO_3 .

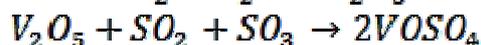
Реакция, как следует из расчетов в пункте 1, экзотермическая, поэтому понижение температуры в контактном аппарате повлечет за собой смещение равновесия в сторону экзотермической реакции, т.е. образования SO_3 .

В соответствии с элементарными знаниями из курса физики мы знаем, что большие температуры прямо означают более высокую скорость движения частиц, высокую частоту их эффективных соударений, и, следовательно, большую скорость химических реакций.

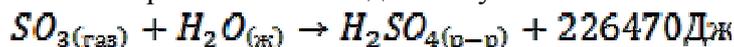
Более строгое уравнение для зависимости константы скорости реакции от температуры вывел С. Аррениус:

$$k = A e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

E_a – энергия активации реакции, T – температура, A – некоторое постоянное число, называемое предэкспоненциальным множителем.



Реакция образования серной кислоты в данных условиях:



Ее тепловой эффект по закону Гесса равен:

$$Q_{p2} = 907.51 - 285.84 - 395.2 = 226.47 \text{ кДж.}$$

Итак,

Из 1 моль = 22.4 л SO_3 выделяется 226 470 Дж теплоты.

Из 30 000 л $\text{SO}_3 \Rightarrow x$ Дж.

$$x = \frac{30000 \cdot 226470}{22.4} \approx 3.033 \cdot 10^9 \text{ Дж.}$$

По уравнению теплоемкости находим разность температур:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{cm} = \frac{3.033 \cdot 10^8}{4200 \cdot 570} = 127\text{K}.$$

В результате, реакционная смесь разогреется до $127 + 25 = 152^\circ\text{C}$. Смесь серной кислоты может перегреться и закипеть, что существенно затруднит технологический процесс. Именно поэтому предпочитают поглощать серный ангидрид концентрированной серной кислотой, эта реакция не так экзотермична и не затрудняет ход производства нежелательным перегревом.

Разбалловка

Расчет теплового эффекта реакции окисления SO_2	2 б.
Указание оптимальных условий окисления SO_2	1 б.
Обоснование выбора температуры для окисления SO_2	1 б.
Механизм окисления SO_2 в присутствии катализатора	2 б.
Реакция образования сульфата ванадила	1 б.
Объяснение почему SO_3 поглощают кислотой	1 б.
Расчет температуры при растворении SO_3 в воде	2 б.
ИТОГО	10 б.

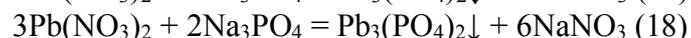
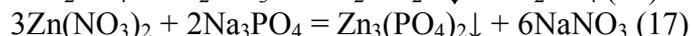
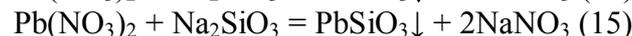
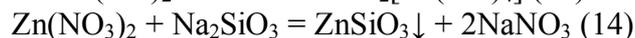
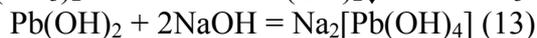
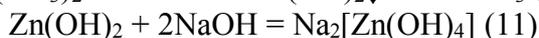
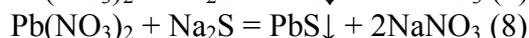
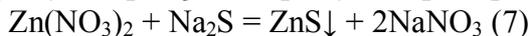
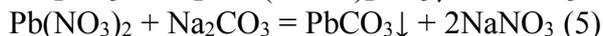
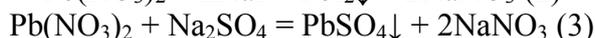
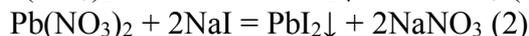
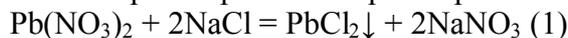
2.3.2. Задание 10 класса

	NaCl	NaI	Na ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃	Na ₂ S	NaOH	Na ₂ SiO ₃	Na ₃ PO ₄
Zn(NO ₃) ₂	-	-	-	↓	↓	↓**	↓	↓
Pb(NO ₃) ₂	↓*	↓	↓	↓	↓	↓***	↓	↓
H ₂ SO ₄	-	-	-	↑	↑	-	↓	-

* осадок PbCl₂ растворим в горячей воде

** осадок растворяется в избытке раствора NaOH

*** осадок растворяется в избытке раствора NaOH при нагревании

**Разбалловка**

Установление соответствия между обозначениями пробирок и веществами в них (для двух комплектов)	11x1б. = 11 б.
Написание уравнений реакций (1) – (18)	18x0,5б. = 9 б.
ИТОГО	20 б.

Тогда

$$2n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n'(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) - n''(\text{HCl}) = C(\text{HCl})[V_1(\text{HCl}) - V_2(\text{HCl})] \cdot 10^{-3}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = C(\text{HCl})[V_1(\text{HCl}) - V_2(\text{HCl})] \cdot 10^{-3}/2 \text{ (моль),}$$

где $V_1(\text{HCl})$ – объем кислоты, затраченной на первое титрование (мл)

$$C(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot 10/0,1 \text{ (г/л)}$$

Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) – (3)	3x1б. = 3 б.
Вывод формулы для расчета содержания NaOH Na ₂ CO ₃	2 б. 3 б.
Оценка результата титрования (по объему затраченному на титрование) для V ₁ и V ₂ (по 6 б. максимум)	Ошибка менее 5% – 6 б. Далее балл уменьшается на 0,5 за каждые 5% ошибки
ИТОГО	20 б.