

Задания 9 класса

Уважаемые участники! Каждая из задач оценивается в 10 баллов.

Задача №9-1

- (1) $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$ ($t = 500^\circ\text{C}$, $p = 350$ атм, кат. – Fe_3O_4)
- (2) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ (кат. Pt-Rh)
- (3) $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$
- (4) $\text{NaNO}_3(\text{ТВ}) + \text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}} = \text{HNO}_3 + \text{NaHSO}_4$
- (5) $\text{HNO}_{3\text{конц}} + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$
- (6) $\text{Cu} + 4\text{HNO}_{3\text{конц}} = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- (7) $4\text{HNO}_3 + \text{P}_4\text{O}_{10} = 2\text{N}_2\text{O}_5 + 4\text{HPO}_3$
- (8) $\text{NO}_2 + \text{NO} = \text{N}_2\text{O}_3$
- (9) $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow 2\text{N}_2 + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ ($t = 350^\circ\text{C}$, взрыв)
- (10) $\text{Au} + \text{HNO}_3 + 4\text{HCl} = \text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$
- (11) $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{CONH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ($t = 200^\circ\text{C}$, $p = 20$ Мпа)
- (12) $2\text{NaNO}_3 \rightarrow 2\text{NaNO}_2 + \text{O}_2$

Соединение	Вещество	Название
А	N_2	Азот
Б	NH_3	Аммиак
В	NO	Оксид азота (II)
Г	NO_2	Оксид азота (IV)
Д	HNO_3	Азотная кислота
Е	NaNO_3	Нитрат натрия
Ж	NH_4NO_3	Нитрат аммония
З	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	Нитрат меди
И	N_2O_5	Оксид азота (V)
К	N_2O_3	Оксид азота (III)
Л	NH_2CONH_2	Мочевина
М	NaNO_2	Нитрит натрия

2. Нитрат натрия (NaNO_3) имеет тривиальное название *чилийская селитра*. Название образовалось, в честь места, где добывают нитрат натрия.

3. Смесь азотной (HNO_3) и соляной кислоты (HCl) в определенном соотношении называется «*царской водкой*». Ее особенность заключается в способности растворять золото, «царя» металлов, а также некоторые другие благородные металлы, за счет генерации сильнейшего окислителя – атомарного хлора.

4. Мочевина (NH_2CONH_2) в других номенклатурах имеет названия: карбамид, диамид угольной кислоты.

Разбалловка

1. Вещества А-М с названиями (без названия соединений максимум за задание – 3 б из расчета $0,25 \times 12 = 3$)	0,5x12 б. = 6 б
2. Тривиальное название нитрата натрия. Происхождение названия.	0,5 б 0,5 б
3. Название смеси азотной и соляной кислоты. Ее Особенность.	0,5 б 0,5 б
4. Дополнительные названия мочевины	1 б.х 2 = 2 б.
ИТОГО	10б.

Задача №9-2

1. Необходимо установить состав элементов в соединении А

$$\text{Ca} : \text{S} : \text{H} : \text{O} = \frac{23,28}{40} : \frac{18,62}{32} : \frac{55,75}{16} : \frac{2,35}{1} = 1 : 1 : 6 : 4$$

Брутто-формула будет выглядеть следующим образом:



Один из вариантов соединения: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (соединение А)

По систематической номенклатуре носит название: дигидрат сульфата кальция

Тривиальное название – гипс.

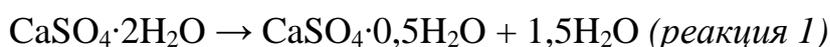
2. После нагревания массовая доля кальция увеличивается до 27,61%. Небольшое нагревание гипса будет приводить к процессу дегидратации:



$$\omega(\text{Ca}) = \frac{A(\text{Ca})}{M(\text{CaSO}_4 \cdot (2-x)\text{H}_2\text{O})} \rightarrow M(\text{CaSO}_4 \cdot (2-x)\text{H}_2\text{O}) = \frac{40}{0,2761} = 144,9 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{CaSO}_4) = 136 \text{ г/моль}$$

$$M((2-x)\text{H}_2\text{O}) = 144,9 - 136 = 8,9 \text{ г/моль} \rightarrow 2-x = 0,5 \rightarrow x = 1,5$$



$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ – полуводный сульфат кальция, гипсовый алебастр. Используют в строительстве, изготовлении поделок, декоративных украшений, статуэток. При смешивании с водой образует гипс и затвердевает.

В – ангидрит, безводный сульфат кальция CaSO_4 . Нерастворим в воде, поэтому не может затвердевать.



Чтобы сульфат кальция снова стал захватывать воду его прокаливают при 1000°C , но при 1200°C он разлагается.

$$\omega(\text{Ca}) = \frac{A(\text{Ca})}{M(\Gamma)} \rightarrow M(\Gamma) = \frac{40}{0,4815 + 0,2328} = 56 \text{ г/моль}$$

$M(\Gamma - \text{Ca}) = 56 - 40 = 16 \text{ г/моль}$ – кислород $\rightarrow \Gamma - \text{CaO}$



Д – сернистый газ SO_2

А	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Б	$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$
В	CaSO_4
Г	CaO
Д	SO_2

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формула А	1 б
	Систематическое название А	0,5 б
	Тривиальное название А	0,5 б
2	Формулы соединений Б-Д	1x4 = 4 б
3.	Уравнения реакций (1)-(3)	1x3 = 3 б
4.	Применение вещества Б	0,5 б
	Название вещества Б	0,5 б
	Итого	10 б.

Задача №9-3

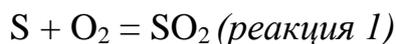
Вещество **В** является серной кислотой H_2SO_4 . В промышленности серную кислоту получают по реакции:



Серный газ (**Б**) получают каталитическим окислением сернистого газа (**А**):



Сернистый газ получается при сгорании серы (элемент **Х**):



Можно себя проверить по массовой доле серы в диоксиде серы.

Минерал Д представляет собой карбонат кальция. По массовым долям находим соотношение элементов в соединении.

$$x: C: O = \frac{40}{M} : \frac{12}{12} : \frac{48}{16} = \frac{40}{M} : 1 : 3$$

По таблице Менделеева металл определяется как кальций. Абсорбент Г (CaO) получают по следующей реакции:



2) В 2 т нефти содержится 1,5 % серы.

$$m_S = 2000 \cdot 0,015 = 30 \text{ кг} = 30000 \text{ г}$$

$$n_S = \frac{30000}{32} = 937,5 \text{ моль}$$

По реакциям (1) и (4) количество вещества оксида кальция будет равно 937,5 моль. Только 25% оксида кальция может улавливать диоксид серы, поэтому

$$n_{CaO} = \frac{937,5}{0,25} = 3750 \text{ моль}$$

$$m_{CaO} = 3750 \cdot 56 = 210000 \text{ г} = 210 \text{ кг}$$

3. Для получения 100 кг серной кислоты по реакции (3) понадобится серный газ Б:

$$n_{H_2SO_4} = \frac{100}{98} = 1,02 \text{ кмоль}$$

$$n_{SO_3} = 1,02 \text{ кмоль, так как реакция идет с выходом 99\%} \rightarrow n_{SO_3} = \frac{1,02}{0,99} = 1,03 \text{ кмоль}$$

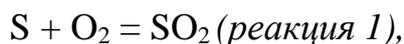
По реакции (2) выход продукта составляет 91%

$$n_{SO_2} = \frac{1,03}{0,91} = 1,13 \text{ кмоль}$$

$$\text{По реакции (1)} \quad n_{SO_2} = 1,13 \text{ кмоль} = n_S$$

$$m_S = 1,13 \cdot 32 = 36,16 \text{ кг}$$

$$m_{\text{нефти}} = \frac{36,16}{0,015} = 2410,7 \text{ кг}$$



X	S
A	SO ₂
Б	SO ₃
B	H ₂ SO ₄
Г	CaO
Д	CaCO ₃

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Элемент X	1 б
	Соединения A-Д	0,5x5 = 2,5 б
2	Реакции (1) – (5)	0,5x5 = 2,5 б
3.	Расчет массы оксида кальция	2 б
4.	Расчет массы нефти для получения 100 кг серной кислоты	2 б
	Итого	10 б.

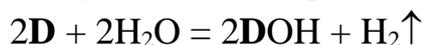
Задача №9-4

1. Металл **X** можно установить, исходя из его массовой доли в соединении **A**. Реакция $X \rightarrow A$ является реакцией горения и приводит к образованию оксида, в котором $\omega(O) = 100 - 52.94 = 47.09\%$. Запишем оксид **A** в общем виде как X_2O_n , тогда

$$M_r(X_2O_n) = 16n/0.4706 = 34n \quad A_r(X) = (34n - 16n)/2 = 9n$$

При $n = 3$ $A_r(X) = 27$, что соответствует алюминию **Al**

Для установления реагента **W** запишем уравнение реакции его получения:



$$n(H_2) = V/V_m = 5.6/22.4 = 0.25 \text{ моль}$$

По уравнению реакции $n(\mathbf{D}) = 2n(\text{H}_2) = 0.5$ моль

$M(\mathbf{D}) = m/n = 11.5/0.5 = 23$ г/моль, что соответствует натрию

Тогда $\mathbf{W} - \text{NaOH}$

Чтобы установить реагент \mathbf{Z} , запишем уравнение реакции его нейтрализации гидроксидом натрия:

$\text{H}_2\mathbf{Y} + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\mathbf{Y} + 2\text{H}_2\text{O}$, где \mathbf{Y} – анион двухосновной кислоты

$n(\text{NaOH}) = V \times \rho \times \omega / M = 10.71 \times 1.12 \times 0.2 / 40 = 0.06$ моль

По уравнению реакции $n(\text{H}_2\mathbf{Y}) = \frac{1}{2} n(\text{NaOH}) = 0.03$ моль

$M(\text{H}_2\mathbf{A}) = m/n = 2.94/0.03 = 98$ г/моль, что соответствует серной кислоте

Таким образом, $\mathbf{Z} - \text{H}_2\text{SO}_4$.

Электронная конфигурация \mathbf{Al} : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

2. При сгорании алюминия образуется оксид алюминия Al_2O_3 (вещество \mathbf{A}). Как сам алюминий, так и его оксид и гидроксид проявляют амфотерные свойства, поэтому способны растворяться в избытке гидроксида натрия с образованием гидроксокомплексов состава $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ или $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]$. Для установления точного состава комплекса можно воспользоваться данными о массовой доле алюминия в нем, что позволяет однозначно установить вещество $\mathbf{B} - \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$. Растворение алюминия, его оксида или гидроксокомплекса в серной кислоте приводит к образованию соли $\mathbf{Q} - \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, при обработке которого недостатком гидроксида натрия можно получить осадок гидроксида алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ (соединения \mathbf{C}).

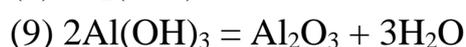
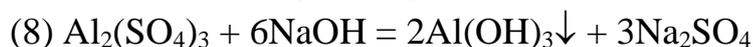
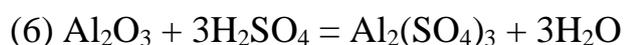
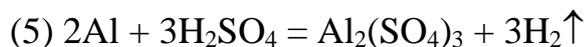
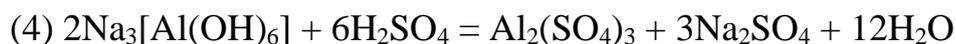
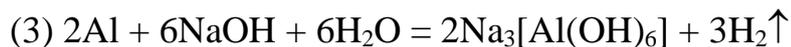
Таким образом, $\mathbf{A} - \text{Al}_2\text{O}_3$

$\mathbf{B} - \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$

$\mathbf{C} - \text{Al}(\text{OH})_3$

$\mathbf{Q} - \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

3. Уравнения реакций:



Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы металла X и веществ W и Z Электронная конфигурация X	3×1 = 3 б 0,5 б
2	Формулы веществ A–C и соли Q	4×0,5 = 2 б
3.	Уравнения реакций 1–9	9×0,5 = 4,5 б
	Итого	10 б.

Задача № 9-5

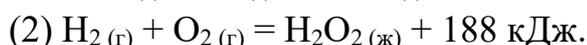
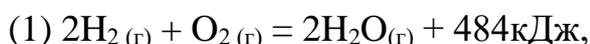
1. Пероксид водорода используется в качестве окислителя для ракетного топлива.

2. На месте взрыва нашли железную канистру, пероксид водорода является неустойчивым соединением. При воздействии катализаторов она разлагается с образованием воды и кислорода, который может вспыхнуть.

Уравнение реакции: $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + Q$

Железо является переходным металлом, поэтому является хорошим катализатором разложения пероксида водорода. Взрыв произошел в момент, когда переливали жидкость из пластиковой канистры в железную.

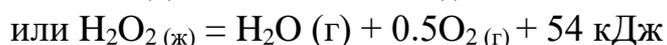
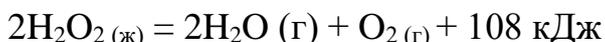
3. Для составления термохимического уравнения реакции воспользуемся уравнениями (1) и (2)



Составим уравнение (3): $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{ж}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$

Для того, чтобы получить уравнение (3), уравнение (2) умножить на коэффициент (-2), и сложить с уравнением (1). Тепловой эффект будет следующим: $Q = 484 - 2 \cdot 188 = 108 \text{кДж}$.

Термохимическое уравнение будет иметь следующий вид:



4. Для расчета температуры взрыва и взрывной волны нужно определить, сколько энергии выделилось в результате реакции.

В результате разложения 2 моль H_2O_2 выделяется 108 кДж энергии.

В данном случае, при массе 10 кг перекиси: $n_{\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{10000}{34} = 294,12$ моль

Тепловой эффект реакции составил: $Q_p = \frac{294,12 \cdot 108}{2} = 15882$ кДж

Для расчета температуры воспользуемся формулой:

$$Q = c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot m \cdot (t_2 - t_1) \rightarrow \Delta t = \frac{Q_p}{c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot m}$$

$$\rightarrow \Delta t = \frac{15887 \cdot 1000}{4,184 \cdot 10000} = 379,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Учитывая, что начальная температура была 25°C , тогда во время взрыва температура достигала: $T = 25 + 379,6 = 404,6^\circ\text{C}$.

Для расчета взрывной волны воспользуемся уравнением состояния идеального газа.

$$pV = \nu RT \rightarrow V = \frac{\nu RT}{p},$$

где $p = 760 \text{ мм.рт.ст} = 101325 \text{ Па}$

$R = 8,314 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$

$T = 404,6 + 273 = 677,6 \text{ К}$

$\nu = 294,12 \cdot 3/2 = 441,18$ моль (по уравнению реакции образуется 3 моль газов из 2 моль пероксида водорода).

$$V = \frac{441,18 \cdot 8,314 \cdot 677,6}{101325} = 24,53 \text{ м}^3$$

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Применение пероксида водорода	1 б
2	Причина взрыва пероксида водорода	2 б
3.	Термохимическое уравнение разложения пероксида водорода	2 б
4.	Расчет температуры взрыва	3 б
5.	Расчет объема взрывной волны	2 б
	Итого	10 баллов

Задания 10 класса

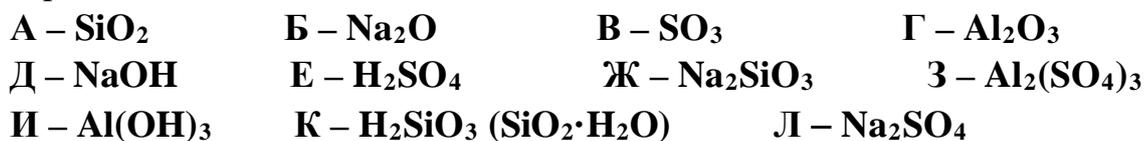
Уважаемые участники! Каждая из задач оценивается в 10 баллов.

Задача №10-1

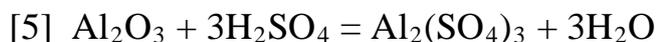
1. Из оксидов третьего периода с водой могут реагировать оксиды натрия, фосфора, серы и хлора. Учитывая, что только оксид натрия является основным, а остальные – кислотными, и принимая во внимание, что оксиды **Б** и **В** реагируют друг с другом, можно заключить, что один из этих оксидов – Na_2O . Предположим, что это оксид **Б**, то есть $M(\text{Б}) = 62$ г/моль. Оксид **Г** реагирует как с кислотой **Е**, так и с оксидом натрия, то есть проявляет амфотерные свойства. Единственным амфотерным гидроксидом, подходящим под условие задачи, может быть оксид алюминия: $M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 102$ г/моль.

$M(\text{Al}_2\text{O}_3) : M(\text{Na}_2\text{O}) = 102 : 62 = 10,2 : 6,2$, что соответствует условию.

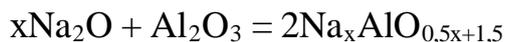
Оксиды **А** и **В** можно подобрать из соотношения молярных масс: $M(\text{А}) = 60$ г/моль, что соответствует оксиду SiO_2 . $M(\text{В}) = 80$ г/моль, что соответствует оксиду SO_3 . Взаимодействие Na_2O с водой приводит к образованию основания NaOH (вещество **Д**), которое в реакции с кислотным оксидом SiO_2 образует соль **Ж** – Na_2SiO_3 . Взаимодействие SO_3 с водой приводит к образованию кислоты H_2SO_4 (вещество **Е**), которая может взаимодействовать с Al_2O_3 с образованием соли **З** – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. При взаимодействии двух солей должна протекать реакция ионного обмена, однако силикат алюминия в водном растворе не существует, что обусловлено протеканием совместного необратимого гидролиза с образованием слабого основания **И** – $\text{Al}(\text{OH})_3$ и слабой кислоты **К** – H_2SiO_3 ($\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), представляющих собой аморфные осадки. Таким образом,



2. Уравнения реакций:



3. При сплавлении оксидов натрия и алюминия протекает реакция по общей схеме:



Массовая доля алюминия в продукте М:

$$\omega(\text{Al}) = 27 / (23x + 27 + 16(1,5 + 0,5x)) = 0,1311, \text{ откуда } x = 5$$



4. $n(\text{SO}_3) = 10 / 80 = 0.125$ моль

$n(\text{H}_2\text{O}) = 10 / 18 = 0.556$ моль

Из уравнения *реакции 2* видно, что вода взята в избытке, тогда

$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{SO}_3) = 0.125$ моль.

$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.125 \times 98 = 12.25$ г

$m(\text{р-ра}) = m(\text{SO}_3) + m(\text{H}_2\text{O}) = 10 + 10 = 20$ г

$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 12.25 / 20 = \mathbf{0.6125 (61.25\%)}$

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы веществ А – Л	$11 \times 0,5 = \mathbf{5,5 \text{ б}}$
2	Уравнения реакций 1–6	$6 \times 0,5 = \mathbf{3 \text{ б}}$
3.	Формула М	0,5 б
	Уравнение реакции получения М	0,5 б
4.	Массовая доля серной кислоты	0,5 б
	Итого	10 баллов

Задача №10-2

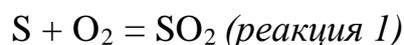
Вещество **В** является серной кислотой H_2SO_4 . В промышленности серную кислоту получают по реакции:



Серный газ (**Б**) получают каталитическим окислением сернистого газа (**А**):



Сернистый газ получается при сгорании серы (элемент **Х**):



Можно себя проверить по массовой доле серы в диоксиде серы.

Минерал Д представляет собой карбонат кальция. По массовым долям находим соотношение элементов в соединении.

$$x: C: O = \frac{40}{M} : \frac{12}{12} : \frac{48}{16} = \frac{40}{M} : 1: 3$$

По таблице Менделеева металл определяется как кальций. Абсорбент Г (CaO) получают по следующей реакции:



2) В 2 т нефти содержится 1,5 % серы.

$$m_S = 2000 \cdot 0,015 = 30 \text{ кг} = 30000 \text{ г}$$

$$n_S = \frac{30000}{32} = 937,5 \text{ моль}$$

По реакциям (1) и (4) количество вещества оксида кальция будет равно 937,5 моль. Только 25% оксида кальция может улавливать диоксид серы, поэтому

$$n_{\text{CaO}} = \frac{937,5}{0,25} = 3750 \text{ моль}$$

$$m_{\text{CaO}} = 3750 \cdot 56 = 210000 \text{ г} = 210 \text{ кг}$$

3. Для получения 100 кг серной кислоты по реакции (3) понадобится серный газ Б:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{100}{98} = 1,02 \text{ кмоль}$$

$$n_{\text{SO}_3} = 1,02 \text{ кмоль, так как реакция идет с выходом 99\%} \rightarrow n_{\text{SO}_3} = \frac{1,02}{0,99} = 1,03 \text{ кмоль}$$

По реакции (2) выход продукта составляет 91%

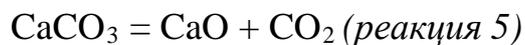
$$n_{\text{SO}_2} = \frac{1,03}{0,91} = 1,13 \text{ кмоль}$$

$$\text{По реакции (1) } n_{\text{SO}_2} = 1,13 \text{ кмоль} = n_S$$

$$m_S = 1,13 \cdot 32 = 36,16 \text{ кг}$$

$$m_{\text{нефти}} = \frac{36,16}{0,015} = 2410,7 \text{ кг}$$





Х	S
А	SO₂
Б	SO₃
В	H₂SO₄
Г	CaO
Д	CaCO₃

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Элемент Х Соединения А-Д	1 б 0,5x5 = 2,5 б
2	Реакции (1) – (5)	0,5x5 = 2,5 б
3.	Расчет массы оксида кальция	2 б
4.	Расчет массы нефти для получения 100 кг серной кислоты	2 б
	Итого	10 баллов

Задача № 10-3

В основе задачи лежит превращение CoCl_2 в $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Необходимо рассчитать какая масса будет получена при охлаждении 100 г насыщенного раствора с 60 до 20 °С.

$$M(\text{CoCl}_2) = 130 \text{ г/моль}, M(\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 238 \text{ г/моль}.$$

При 60°С для приготовления 100 г насыщенного раствора необходимо взять:

$$m_{\text{CoCl}_2} = 100 \cdot 0,484 = 48,4 \text{ г}$$

Потенциально в нем содержится следующая масса кристаллогидрата:

$$m_{\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = 48,4 \cdot \frac{238}{130} = 88,61 \text{ г и } m_{\text{H}_2\text{O}} = 100 - 88,61 = 11,39 \text{ г}$$

При 20°С растворимость составляет 52,9 г на 100 г воды или

$$m_{\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = 52,9 \cdot \frac{238}{130} = 96,85 \text{ г в } (152,9 - 96,85) = 56,05 \text{ г воды}$$

В 11,39 г воды при 20°С может раствориться:

$$m_{\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = \frac{96,85 \cdot 11,39}{56,05} = 19,68 \text{ г}$$

При охлаждении раствора с 60 до 20°С часть соли будет растворять в воде (20,09 г), а другая часть выпадет в виде кристаллов:

$$m(\text{кр})_{\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = 88,61 - 19,68 = 68,93 \text{ г}$$

Таким образом для получения 20 г $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ нужно x г CoCl_2

Когда 68,93 г получают из 48,4 г CoCl_2

$$m(\text{кр})_{\text{CoCl}_2} = \frac{20 \cdot 48,4}{68,93} = 14,04 \text{ г}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{20 \cdot 11,39}{68,93} = 3,31 \text{ г}$$

Необходимо учесть воду, которая входит в состав кристаллогидрата:

$$m_{\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = 14,04 \cdot \frac{238}{130} = 25,70 \rightarrow m_{\text{H}_2\text{O}} = 25,70 - 14,04 = 11,66$$

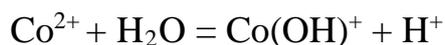
Масс всей воды составит: $m_{\text{H}_2\text{O}} = 11,66 + 3,31 = 14,97 \text{ г}$

Необходимо помнить, что хлорид кобальта имеет 5% примесей. Тогда масса составит:

$$m(\text{кр})_{\text{CoCl}_2} = \frac{14,04}{0,95} = 14,78 \text{ г}$$

2. Абсолютный этиловый спирт практически не содержит воду, поэтому при высоких концентрациях растворителя хлорид кобальта будет окрашиваться в синий цвет, так как будет разрушаться гидратированная оболочка.

3. Подкисление раствора производят с целью предотвращения гидролиза:

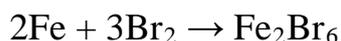


Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Понимание сути процесса	1 б
2	Расчет растворимости хлорида кобальта при температуре 60°C	2 б
3.	Расчёт растворимости хлорида кобальта при 20°C	2 б
4.	Масса хлорида кобальта необходимая по условию (если не учтена чистота реактива – 1 б)	2 б
5.	Расчет массы воды (если не учтена кристаллизационная вода – 0,5 б)	1 б
6.	Цвет соли в абсолютном этиловом спирте	1 б
7.	Ответ на вопрос о подкислении раствора	1 б
	Итого	10 баллов

Задача № 10-4

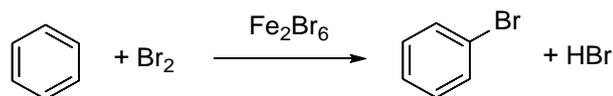
1. Из текста задачи очевидно, что металлом **A** может являться железо и марганец, однако кислот Льюиса с марганцем в органическом синтезе не замечено. Жидкий галоген **B** – бром Br_2 .



2. Такие соединения называют кислотами Льюиса. Кислоты они потому, что способны принимать пару электронов частицы-донора на незаполненную орбиталь атома металла. Аналогично тому, как протон способен принимать неподеленную электронную пару, например, аммиака.

3. Реакции, катализируемые кислотами Льюиса, притекают с участием аренов. Ареном, который не обесцвечивает перманганат калия, является бензол.

Реакция бензола с бромом:



Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Название «кислоты Льюиса»	1 б
	Объяснение их кислотности	2 б
2	Вещества А, В, X	$3 \times 1,5 = 4,5$ б
3.	Реакция бензола с бромом	2,5 б
	Итого	10 баллов

Задача №10-5

1. Для составления термохимического уравнения необходимо указать агрегатные состояния исходных веществ и продуктов реакции, а также тепловой эффект. Известно, что стандартная энтальпия образования иодоводорода равна 26,57 кДж/моль.



Энтальпия реакции будет равна:

$$\Delta H_p = 2\Delta H_{\text{HI}} - \Delta H_{\text{H}_2} - \Delta H_{\text{I}_2} = 2 \cdot 26,57 = 53,14 \text{ кДж} = -Q$$

Термохимическое уравнение процесса:



В результате протекания реакции было поглощено 35,15 кДж энергии.

2 моль HI требует 53,14 кДж

x моль требует 35,15 кДж

$$x = \frac{2 \cdot 35,15}{53,14} = 1,323 \text{ моль}$$

Учитывая, что для реакции брали 1 моль иода, то максимальный выход бы составил 2 моль иодоводорода. Выход реакции образования HI составил:

$$\eta = \frac{n_{\text{теор}}}{n_{\text{практ}}} = \frac{1,323}{2} = 0,662 = 66,2\%$$

Определим состав газовой фазы в начальный момент времени и в состоянии равновесия:

	$n(\text{H}_2)$, моль	$n(\text{I}_2)$, моль	$n(\text{HI})$, моль
Начало реакции	3	1	0
Равновесие	$3 - 0,662 = 2,338$	$1 - 0,662 = 0,338$	1,323

Выражение для константы равновесия составит:

$$K_p = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{p_{HI}^2}{p_{H_2} \cdot p_{I_2}}$$

Так как в реакции участвуют газообразные продукты реакции, то необходимо использовать парциальные давления. Согласно уравнению состояния идеального газа давление связывается с количеством вещества следующим образом:

$$p = \nu \cdot \left(\frac{RT}{V} \right) = \nu \cdot const$$

$$K_p = \frac{n_{HI}^2}{n_{H_2} \cdot n_{I_2}}$$

Объем сосуда и температура будут неизменны, таким образом можно спокойно использовать количество вещества вместо объемов.

$$K_p = \frac{n_{HI}^2}{n_{H_2} \cdot n_{I_2}} = \frac{1,323^2}{0,338 \cdot 2,338} = 2,21$$

2. Для нахождения природы катализатора воспользуемся формулой для определения плотности:

$$\rho = \frac{m_{яч}}{V_{яч}} = \frac{n \cdot A_{Me}}{a^3} = \frac{N \cdot A_{Me}}{N_a \cdot a^3},$$

где N – число атомов, которые содержатся в одной ячейке, A_{Me} – атомная масса металла, N_a – число Авогадро $6,022 \cdot 10^{23}$, a – параметр ячейки (сторона квадрата), Å.

Определим металл:

$$A_{Me} = \frac{N_a \cdot a^3 \cdot \rho}{N} = \frac{6,022 \cdot 10^{23} \cdot (3,803 \cdot 10^{-8})^3 \cdot 12,41}{\frac{1}{8} \cdot 8 + 1/2 \cdot 6} = 102,76 \text{ г/моль}$$

По таблице Менделеева определяем, что катализатор состоит из металла **родия (Rh)**.



Согласно принципам Ле-Шателье на увеличение выхода может повлиять:

- (1) Увеличение температуры, т.к. реакция эндотермическая;
- (2) Увеличение концентрации водорода или иода;
- (3) Удаление продукта реакции иодоводорода из реакционной смеси.

Разбалловка

1.	Термохимическое уравнение с указанием теплоты и агрегатных состояний веществ	2 б
2.	Расчет равновесных концентраций	2 б
3.	Расчет константы равновесия	2 б
4.	Расчет числа атомов металла в одной ячейке	0,5 б
5.	Расчет атомной массы катализатора	2 б
6.	Условия смещения равновесия	3x0,5 б=1,5 б
	Итого:	10б

Задания 11 класса

Уважаемые участники! Каждая из задач оценивается в 10 баллов.

Задача №11-1

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n \cdot M}{V} = \frac{z \cdot M}{N_a \cdot V},$$

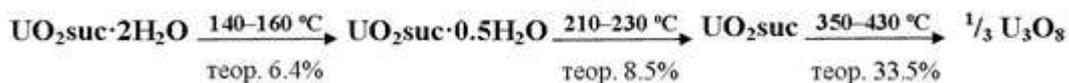
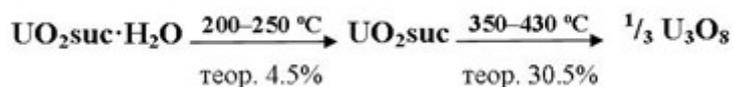
где ρ – плотность кристаллического вещества, г/см³; M – молярная масса вещества, г/моль; Z – число формульных единиц, содержащихся в одной элементарной ячейке; V – объем элементарной ячейки, Å³.

$$\rho = \frac{z \cdot M}{N_a \cdot V} \rightarrow M_I = \frac{N_a \cdot V \cdot \rho}{z} = \frac{6,022 \cdot 10^{23} \cdot 781,77 \cdot 10^{-24} \cdot 3,434}{4} = 404 \text{ г/моль}$$

$$M_{II} = \frac{N_a \cdot V \cdot \rho}{z} = \frac{6,022 \cdot 10^{23} \cdot 872,67 \cdot 10^{-24} \cdot 3,213}{4} = 422 \text{ г/моль}$$

По описанию ИК спектров и указанию на то, что комплексы – гетеролигандные, понятно, что в качестве лигандов могут выступать только сукцинат-ионы и вода, тогда I = [UO₂(C₄H₄O₄)(H₂O)], II = [UO₂(C₄H₄O₄)(H₂O)₂].

Приведенные потери масс соответствуют следующим схемам:



Получили оксид урана(+6)-диурана(+5) U₃O₈

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Формулы соединений I и II	2x2 = 4 б
2	Продукт разложения I: $UO_2(C_4H_4O_4)$	1 б
3.	Продукт разложения II: $UO_2(C_4H_4O_4)0.5(H_2O)$	1 б
	$UO_2(C_4H_4O_4)$	1 б
4.	Конечный продукт разложения U_3O_8	2 б.
5.	Степени окисления урана: +5, +6	1 б
	Итого	10 баллов

Задача №11-2

1. По характеристикам и реакциям понятно, что элемент **X** – это кремний (Si). Подтвердим это расчетами. Если обозначить формулу как Mg_yX_z , то при массовой доли **X** в соединении 63,38% получим:

	y=1	y=2 (Si)	y=3	y=4
A_r , г/моль	14,043	28,086	42,129	56,17

($A_{Mg} = 24,312$ /моль)

Соединения

X – Si

A – Mg_2Si

Б – SiH_4

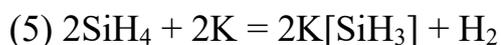
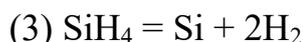
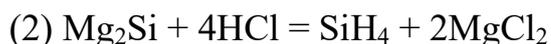
В – $K[SiH_3]$

Г – $MeSiH_3$

Д – Me_3SnSiH_3

Е – $MgCl_2$

2. Происходящие реакции:



Найдем молярную массу соединения **Г**:

$$\frac{28,086 \text{ г/моль}}{60,86} \times 100 = 46,15 \text{ г/моль}$$

Молекулярная масса оставшихся элементов: 18 г/моль (CH₆) - MeSiH₃.

Найдем молярную массу вещества Е:

$$\frac{1 \text{ г}}{70,212 \text{ г/моль}} = 0,0142 \text{ моль}$$

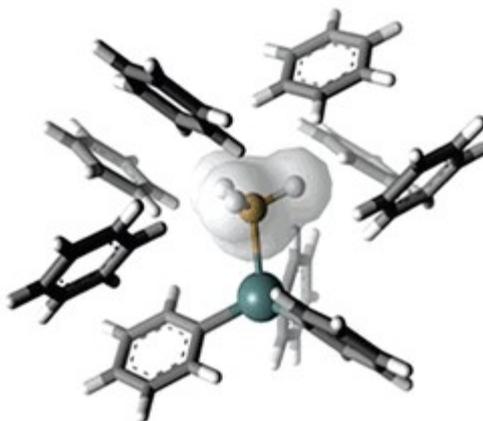
$$\frac{2,776 \text{ г}}{0,0142 \text{ моль}} \approx 195 \text{ г/моль}$$

Этой формуле соответствует формула: Me₃SnSiH₃.

Центральные атомы: Sn, Si.

Геометрия обоих: тетраэдр.

В качестве примера представлен комплекс Ph₃SnSiH₃.



Разбалловка

1.	Расчет вещества X	0,5 б.
2.	Элемент X, вещества А-Е	7·0,5 б.=3,5 б.
3.	Написание уравнения реакции	7·0,5 б.=3,5 б.
4.	Подтверждение формулы Г	0,5 б.
5.	Расчет молярной массы вещества Д	1 б.
6.	Геометрия молекулы Me ₃ SnSiH ₃	0,5 б.
7.	Геометрия центральных атомов	0,5 б.
	ИТОГО	10б.

Задача №11-3

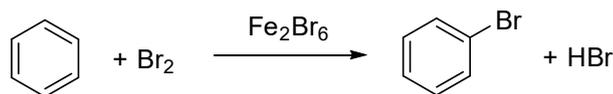
1. Из текста задачи очевидно, что металлом **A** может являться железо и марганец, однако кислот Льюиса с марганцем в органическом синтезе не замечено. Жидкий галоген **B** – бром Br_2 .



2. Такие соединения называют кислотами Льюиса. Кислоты они потому, что способны принимать пару электронов частицы-донора на незаполненную орбиталь атома металла. Аналогично тому, как протон способен принимать неподеленную электронную пару, например, аммиака.

3. Реакции, катализируемые кислотами Льюиса, притекают с участием аренов. Ареном, который не обесцвечивает перманганат калия, является бензол.

Реакция бензола с бромом:



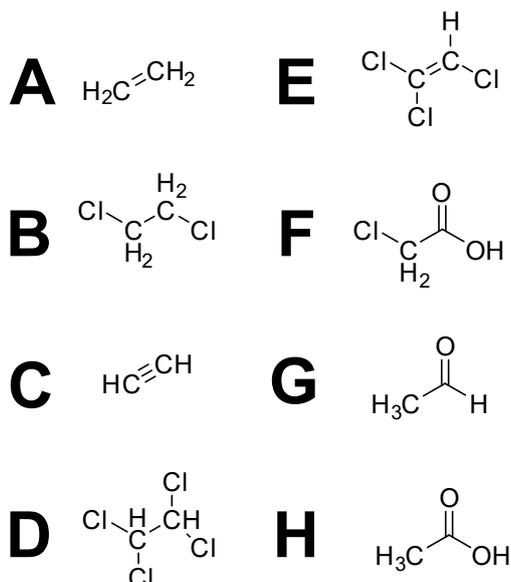
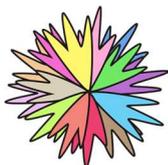
Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Название «кислоты Льюиса»	1 б
	Объяснение их кислотности	2 б
2.	Вещества A, B, X	$3 \times 1,5 = 4,5$ б
3.	Реакция бензола с бромом	2,5 б
	Итого	10 баллов

Задача №11-4

1. Вещество **C** – ацетилен, значит вещество **A** – этилен, т.к. этан не взаимодействует с газообразным хлором при отсутствии каких-либо дополнительных факторов.

В таком случае вещества **A–H** имеют следующие формулы:



2. Два оставшихся продукта хлорирования уксусной кислоты – дихлоруксусная кислота $\text{CCl}_2\text{H}-\text{COOH}$ и трихлоруксусная кислота CCl_3-COOH . Поскольку хлор обладает большей ЭО, чем углерод, то он стягивает электронную плотность на себя, что приводит к повышению полярности связи О–Н и облегчению её разрыва. Таким образом, наиболее кислой реакцией среды будет обладать водный раствор трихлоруксусной кислоты.

Разбалловка

1.	Изображение структур веществ A, C Изображение структур веществ B, D–H	$2 \times 0,5 \text{ б} = 1 \text{ б}$ $6 \times 1 \text{ б} = 6 \text{ б}$
2.	Изображение оставшихся структур дихлоруксусной и трихлоруксусной кислот.	$2 \times 1 \text{ б} = 2 \text{ б}$
3.	Объяснение самой кислой среды для раствора трихлоруксусной кислоты	1 б
	ИТОГО	10 б

Задача № 11-5

Медный купорос имеет формулу $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

При его нагреве будет происходить дегидратация. Из-за небольшой температуры только часть молекул отделаться. Запишем уравнение реакции:



Чтобы установить точный состав кристаллогидрата после испарения, необходимо узнать количество воды, которое выделилось в ходе процесса. Разница в давлении связана с газообразной водой, которая появилась в системе. Будем считать, что вода является идеальным газом, воспользуемся соответствующим уравнением:

$$pV = \nu RT \rightarrow \nu = \frac{pV}{RT},$$

где $T = 50 + 273 = 323$ К;

$R = 8,314$ Дж/моль·К;

$V = 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2$ м³;

$P = 1216$ Па.

$$\nu = \frac{1216 \cdot 2}{8,314 \cdot 323} = 0,9 \text{ моль}$$

Масса воды: $m_{\text{H}_2\text{O}} = 0,9 \cdot 18 = 16,2$ г.

Потеря массы в ходе реакции:

$$\text{потеря массы} = \frac{16,2}{150} \cdot 100\% = 10,8 \%$$

Кристаллогидрат после дегидратации имеет массу $m(\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = 150 - 16,2 = 133,8$ г.

$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250$ г/моль - 150 г

$M(\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = x$ г/моль - 133,8 г.

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = \frac{133,8 \cdot 250}{150} = 223 \text{ г/моль}$$

Учитывая, что молекулярная масса CuSO_4 равна 160 г/моль, получаем молекулярную массу воды в кристаллогидрате 63 г/моль. Число молекул воды будет равно:

$$n = \frac{63}{18} = 3,5 \text{ молекул}$$

Формула образующегося кристаллогидрата: $\text{CuSO}_4 \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$

Итоговое уравнение реакции:



Для рассматриваемого равновесия константа будет зависеть только от давления газообразного вещества – воды (активности твердых веществ принимаются равными единице). Давление водяного пара = 1216 Па = 0.01216 бар.

$$K_p = (p_{\text{H}_2\text{O}})^{1,5} = (0.01216)^{1,5} = 0.00134$$

Разбалловка

№	Элемент ответа	Баллы
1.	Уравнение реакции дегидратации с указанием коэффициентов. (Без указания коэффициентов – 0,5 б)	2 б
2	Расчет массы испарившейся воды.	2 б
3.	Расчет формулы кристаллогидрата после испарения	2 б
4.	Расчет массовой доли испарившейся воды	1 б
5.	Расчет константы равновесия при температуре 323 К	3 б
	Итого	10 баллов