

Решения заданий первого теоретического тура

Девятый класс

Решение задачи 9-1 (Дроздов А.А. и Андреев М.Н.)

1. Первый опыт сообщает нам, что неизвестное вещество устойчиво в инертной атмосфере при температуре равной или меньше 300°C.

В седьмом опыте иодид X разлагается на фиолетовые пары (йод) и блестящие кристаллы (металл). Таким образом массовая доля йода в X равна 88%. Пусть формула X – MI_n , где n – валентность металла. Составим уравнение: $127n/(M+127n) = 0,88$.

$$\text{Отсюда: } M = (127n - 127 \cdot 0,88n) / 0,88 = 144,32n - 127n = \mathbf{17,32n}$$

N	M	металл
1	17,32	–
2	34,64	–
3	51,96	Cr
4	69,98	Ga

В опытах 3 и 6 происходит частичное восстановление металла. $\Delta(m) = 29,33\%$. В опыте 7 – полное восстановление металла. $\Delta(m) = 88\%$. Потеря массы различается ровно в 3 раза: $88/29,33 = 3$. Во всех случаях выделяется иод (фиолетовые пары). Это свидетельствует о том, что степень окисления металла равна **ТРЕМ**.

X – иодид хрома (III) CrI_3 . $M(CrI_3) = 51,996 + 3 \cdot 126,9 = 432,7$ г/моль. Пусть масса X=100 г. Тогда $n(CrI_3) = 100/432,7 = 0,2311$ моль CrI_3

Зеленый оксид в опыте 2 – Cr_2O_3 $M(Cr_2O_3) = 51,996 \cdot 2 + 3 \cdot 15,999 = 151,989$ г/моль

В восстановительной атмосфере (опыт 3) CrI_3 превращается в CrI_2 (красно-коричневый порошок)

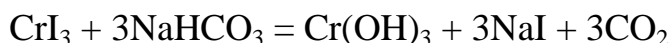
Опыт 4: образуется фиолетовый порошок $CrCl_3$

Опыт 5: $CrCl_3$ сублимируется и конденсируется на стенках трубки.

Опыт 6: красно-коричневые кристаллы в лодочке – это CrI_2

№ опыта	Условия опыта	Наблюдения	Уравнение реакции	Расчет $\Delta(m)\%$
1	Ar, 300°C	Никаких видимых изменений	нет	0
2	O ₂ , 300°C	Выделение фиолетовых паров, зеленый порошок в лодочке	$2\text{CrI}_3 + 3/2\text{O}_2 = \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{I}_2\uparrow$	В лодочке Cr ₂ O ₃ $\Delta(m) = 100 - (0,2311 \cdot 151,989/2) =$ $= 82,4364\text{г} = \mathbf{82,4377\%}$
3	H ₂ , 300°C	Выделение фиолетовых паров, красно-коричневый порошок в лодочке	$2\text{CrI}_3 + \text{H}_2 = 2\text{CrI}_2 + 2\text{HI}$ $2\text{HI} = \text{H}_2\uparrow + \text{I}_2\uparrow$ или $2\text{CrI}_3 = 2\text{CrI}_2 + \text{I}_2\uparrow$	В лодочке CrI ₂ $\Delta(m) = 126,9 \cdot 2 \cdot 0,2311/2 = \mathbf{29,3266 \%}$
4	Cl ₂ , 300°C	Выделение фиолетовых паров, фиолетовый порошок в лодочке	$2\text{CrI}_3 + 3\text{Cl}_2 = 2\text{CrCl}_3 + 3\text{I}_2\uparrow$	В лодочке CrCl ₃ $\Delta(m) = 3(126,9 - 35,453) \cdot 0,2311 = 63,14\text{г}$ $= \mathbf{63,4002\%}$
5	Cl ₂ , 1150°C	Выделение фиолетовых паров, образование фиолетовых чешуйчатых кристаллов на стенках реактора	$2\text{CrI}_3 + 3\text{Cl}_2 = 2\text{CrCl}_3\uparrow + 3\text{I}_2\uparrow$	В лодочке ничего не осталось (пары CrCl ₃ конденсировались на стенках трубки). $\Delta(m)\% = \mathbf{100 \%}$
6	Ar, 500°C	Выделение фиолетовых паров, красно-коричневые кристаллы в лодочке	$2\text{CrI}_3 = 2\text{CrI}_2 + \text{I}_2$	В лодочке CrI ₂ $\Delta(m) = 100 - 0,2311 \cdot (51,996 + 126,9 \cdot 2) =$ $= 29,3305 \text{ г} = \mathbf{29,3305\%}$
7	Ar, 1100°C	Выделение фиолетовых паров, мелкие блестящие кристаллы в лодочке	$2\text{CrI}_3 = 2\text{Cr} + 3\text{I}_2$	В лодочке Cr $\Delta(m) = 100 - 0,2311 \cdot 51,996 =$ $100 - 12 = 88\text{г} = \mathbf{87,9837\%}$

2. реакция 1 – гидролиз солей, взаимоусиливающих гидролиз друг друга:



реакция 2 – окислительно-восстановительная реакция: окислитель - Cl^{+1} ,
восстановитель - Cr^{+3}

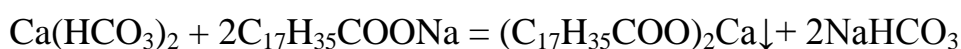
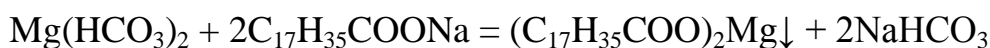


Система оценивания:

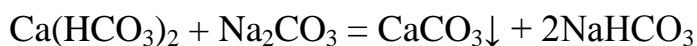
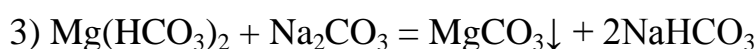
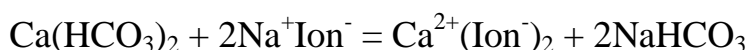
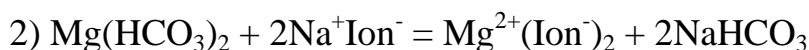
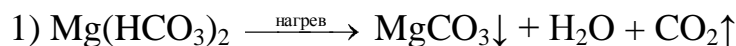
1	Определение вещества X – 2 балла Уравнения реакций с подтверждающими расчетами в 6 опытах по 2,5	17 балла
2	Два уравнения по 1,5 балла	3 балла
		ИТОГО: 20 баллов

Решение задачи 9-2 (Серяков С.А.)

1. Уравнения реакций стеарата натрия с солями карбонатной жесткости:



2. Устранение временной жесткости:



3. Количество стеарата натрия в куске мыла $n = 200\text{г}/306 \text{ г/моль} = 0.6536 \text{ моль}$.

1) Обозначим искомый объем воды V_A . По уравнениям реакций, представленным в пункте 1, мыло частично расходуется на взаимодействие с гидрокарбонатами (n_1) моль, остаток составляет (n_2) моль.

$$n_1 = \{2c(\text{Mg}^{2+}) + 2c(\text{Ca}^{2+})\} \cdot V_A, \quad n_2 = c(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}) \cdot V_A$$

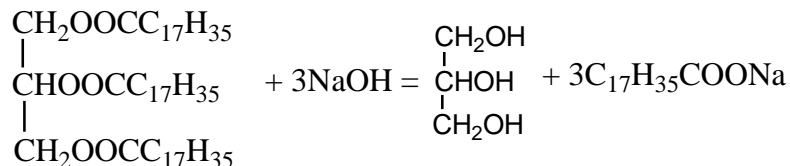
По условию $n_2 = 0,001 \text{ моль/л}$. Тогда общее количество составит:

$$n = n_1 + n_2 = \{2c(\text{Mg}^{2+}) + 2c(\text{Ca}^{2+}) + c(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa})\} \cdot V_A;$$

$$V_A = 0.6536 / (2 \cdot 0.0025 + 2 \cdot 0.0025 + 0.001) = 59.4 \text{ л.}$$

2) После кипячения остаточные количества ионов магния и кальция будут составлять 20 % от исходных, то есть $c(\text{Mg}^{2+}) = c(\text{Ca}^{2+}) = 0.2 \cdot 0.0025 = 0.0005$ моль/л. По аналогичной указанной выше формуле найдем объем воды: $V_B = 0.6536 / (2 \cdot 0.0005 + 2 \cdot 0.0005 + 0.001) = 217.9 \text{ л.}$

4. Уравнение получения мыла из животного жира:



5. В 3 л воды содержится $n(\text{HCO}_3^-) = c \cdot V = 0.0025 \text{ моль/л} \cdot 3 \text{ л} = 0.0075 \text{ моль}$ гидрокарбонат-ионов, $n(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) + n(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2) = \frac{1}{2} n(\text{HCO}_3^-)$ Т.к. кальций и магний содержатся в соотношении 1 : 1 $n(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = n(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} n(\text{HCO}_3^-)$.

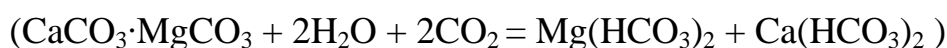
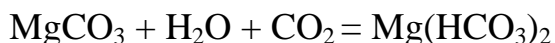
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \xrightarrow{100^\circ\text{C}} \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$, аналогично разлагается $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$.

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{MgCO}_3) = \frac{1}{4} n(\text{HCO}_3^-) \cdot 0.8 = \frac{0.0075 \text{ моль} \cdot 0.8}{4} = 0.0015 \text{ моль}$$

$$m = m(\text{CaCO}_3) + m(\text{MgCO}_3) = n \cdot (M(\text{CaCO}_3) + M(\text{MgCO}_3))$$

$$m = 0.0015 \cdot (100 + 84) = 0.276 \text{ г.}$$

6. 1) Подземные воды содержат растворенный CO_2 и находятся в контакте с различными породами, в том числе с известняком (CaCO_3) и доломитом ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$). В сезон поступления воды от паводков и дождей происходит растворение этих пород по уравнениям:



2) Карстовые провалы часто возникают в местности, где залегание известняковых (или гипсовых) горизонтов происходит близко к поверхности земли. Строительство приводит к увеличению механической нагрузки (давления) на породу. Согласно принципу Ле-Шателье, система ответит на

возрастающее давление путем растворения породы по механизму, описанному выше. В результате число провалов существенно увеличивается. Капитальное строительство запрещено на таких территориях.

3) Во многих регионах России вода содержит довольно много ионов железа. Появление бурой мути при стоянии прозрачной воды на воздухе указывает на выпадение гидроксида железа (III) из раствора, содержащего Fe^{2+} , под действием кислорода воздуха:



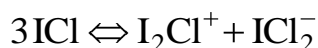
Двухвалентное железо не придает окраски раствору и не подвергается гидролизу в присутствии гидрокарбонатов, в отличие от трехвалентного.

Система оценивания

1.	2 уравнения реакций стеарата натрия с гидрокарбонатами кальция и магния – по 1 баллу	2 балла
2.	6 уравнений реакций гидрокарбонатов кальция и магния при устранении жесткости тремя способами – по 1 баллу	6 баллов
3.	Расчет объема воды: 2 пункта по 3 балла	6 баллов
4.	Уравнение реакции получения стеарата натрия	1 балл
5.	Расчет массы осадка	2 балла
6.	Аргументированный ответ: 3 пункта по 1 баллу	3 балла
	ИТОГО:	20 баллов

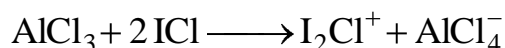
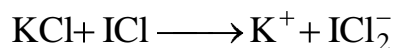
Решение задачи 9-3 (Курамшин Б.К.)

1. Автоионизация ICl сходна с автопротолизом HF :



Хлорид йода может вести себя как донор и как акцептор хлорид-ионов. При реакции с хлоридом калия ICl является акцептором хлорид-иона, т.к. катион калия не способен присоединять хлорид-ионы с образованием анионных комплексов. Хлорид алюминия способен присоединять хлорид-ион с образованием AlCl_4^- , поэтому при реакции с AlCl_3 хлорид йода ведет себя как

донор хлорид-иона.



AlCl_3 повышает концентрацию катиона, что позволяет считать его "кислотой".

2. Если массовая доля хлора в хлориде XCl_n равна ω , то молярная масса такого хлорида равна

$$M = \frac{35.453n}{\omega} = M_X + 35.453n$$

Тогда молярная масса неизвестного элемента равна

$$M_X = 35.453 \frac{1-\omega}{\omega} \cdot n$$

Пользуясь таким подходом, получаем:

	A		B		B	
n	29.72n		6.207n		22.95n	
1	29.72		6.21		22.95	Na
2	59.44	Ni	12.41	~C	45.91	
3	89.15	~Y	18.62	~F	68.86	
4	118.87	Sn	24.83	~Mg	91.82	~Zr
5	148.59		31.04	P	114.77	In
6	178.31	Hf	37.24		137.72	~Ba

Для хлорида **A** находим $M_X = 29.7n$. Перебором различных целых n находим наиболее подходящий варианты при $n = 6$ (HfCl_6), $n = 4$ (SnCl_4), $n = 3$ (YCl_3), при $n = 2$ (NiCl_2).

По плотности пара можно оценить его молярную массу **A**:

$$\rho \cdot V_M = 9 \cdot 22.4 = 201.6 \frac{\text{г}}{\text{моль}}, \text{ т.е. } M_A > 201.6 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

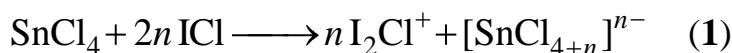
Hf находится в 4-ой группе, значит для него максимальная степень окисления +4, и HfCl_6 не существует. $M_{\text{NiCl}_2} = 129.6 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$, $M_{\text{YCl}_3} = 195.3 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$, $M_{\text{SnCl}_4} = 260.5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$, т.е. только хлорид олова удовлетворяет условию задачи, значит **A** – **SnCl₄**.

Аналогично, для **B**. MgCl_4 , FCl_3 и CCl_2 существовать не могут, остаётся

единственный разумный вариант при $n = 5$, т.е. **B** – PCl_5 .

Рассмотрим варианты для **B**. InCl_3 и BaCl_6 не могут существовать. Из двух возможных вариантов NaCl и ZrCl_4 хлорид натрия лучше подходит по молярной массе. Значит, **B** – NaCl .

Хлорид олова SnCl_4 реагирует с хлоридом йода аналогично хлориду алюминия, поэтому можно предположить уравнение реакции в следующем виде:



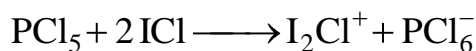
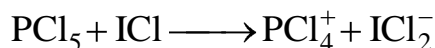
В случае хлорида натрия уравнение аналогично хлориду калия:



При растворении 0.001 моль хлорида натрия образовалось 0.002 моль ионов. По условию задачи, при растворении хлорида олова их образовалось в 1.5 раза больше, то есть 0.003 моль ионов из 0.001 моль SnCl_4 . Это возможно при условии $n = 2$ в уравнении реакции (1):



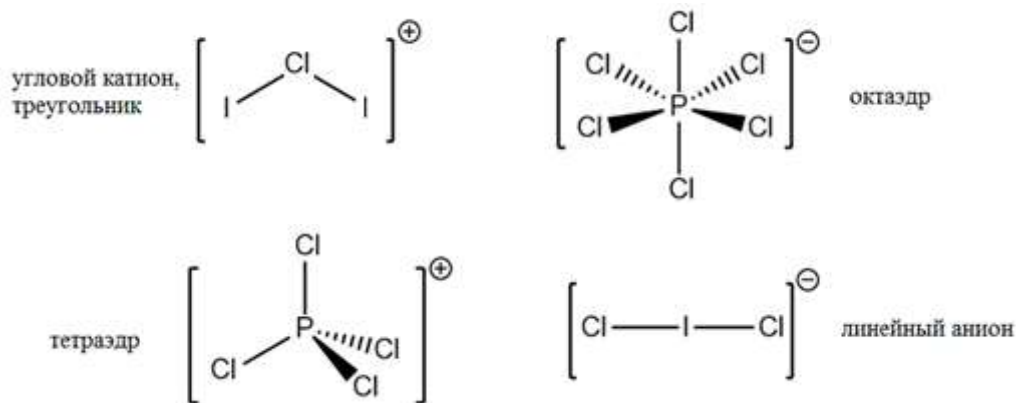
3. PCl_5 в реакции с ICl может как отдавать, так и присоединять хлорид-ионы. То есть возможны два варианта взаимодействия:



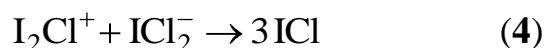
В обоих случаях образуется такое же количество ионов, как в случае хлорида натрия (по 0.002 моль). Поэтому на основании этого факта нам сделать выбор в пользу одного из двух взаимодействий не удастся.

Структурные формулы ионов в продуктах возможных реакций можно определить, используя метод Гиллеспи*:

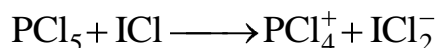
* Теория отталкивания электронных пар валентной оболочки (ОЭПВО)



4. Раствор **А** содержит ионы $[\text{SnCl}_6]^{2-}$ и I_2Cl^+ . Поскольку при его сливании с раствором **Б** электропроводность уменьшается, то должна происходить реакция, уменьшающая количество диссоциированных ионов в растворе. Такой реакцией может быть только реакция I_2Cl^+ с ICl_2^- , аналогичная реакции нейтрализации в водных растворах:



Это значит, что в растворе **Б** содержались ионы ICl_2^- , то есть реакция PCl_5 с ICl пошла по пути, в котором хлорид фосфора был донором хлорид-иона (первая реакция в п.3). Значит, происходящая в растворе **Б** реакция:



5. В растворе **Б** содержится 0.001 моль ионов ICl_2^- . Значит, необходимо добавить 0.001 моль I_2Cl^+ в растворе **А**.

Общая масса раствора равна сумме масс хлорида олова и хлорида йода:

$$m = 0.001 \cdot 260.51 + 100 = 100.26 \text{ г.}$$

Объем раствора равен:

$$V = 100.26 : 3.24 = 30.94 \text{ мл} = 3.094 \cdot 10^{-2} \text{ л.}$$

Общее количество I_2Cl^+ равно 0.002 моль, поэтому нам необходимо прилить ровно половину раствора **А** (чтобы добавить 0.001 моль):

$$V_{\text{доб}} = 30.94 : 2 = \mathbf{15.46 \text{ мл.}}$$

Осталось определить концентрацию катиона PCl_4^+ в полученном растворе. Его количество не изменилось: оно равно 0.001 моль. Поскольку плотности

исходных и конечного раствора совпадают, то общий объем равен сумме добавленного объема (найден выше – 15.46 мл) и объема раствора **Б**.

Общая масса исходного раствора **Б** равна сумме масс хлоридов фосфора и йода:

$$m = 0.001 \cdot 208.22 + 100 = 100.21 \text{ г}$$

Объем раствора **Б** равен: $V = 100.21 : 3.24 = 30.93 \text{ мл}$.

Общий объем после добавления раствора **А**:

$$V_{\text{кон}} = 30.93 + 15.46 = 46.39 \text{ мл} = 0.04639 \text{ л.}$$

Концентрация катиона PCl_4^+ в полученном растворе:

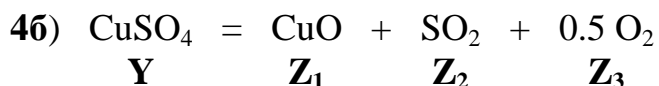
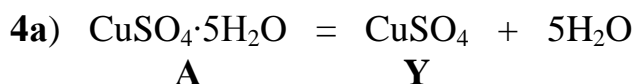
$$C = 0.001 : 0.04639 = \mathbf{0.0216 \text{ М.}}$$

Система оценивания:

1.	Уравнение автоионизации и диссоциация AlCl_3 , KCl в ICl – по 1 баллу Определение кислотного характера хлорида алюминия – 1 балл	4 балла
2.	Определение А , Б , В – по 1 баллу; реакции (А и В с ICl) – по 1 баллу;	5 баллов
3.	2 возможных реакции Б с ICl – по 1 баллу; 4 структурные формулы ионов – по 1 баллу;	6 балла
4.	обоснованный выбор реакции PCl_5 с ICl – 2 балла; реакция, приводящая к понижению электропроводности (4) – 1 балл;	3 балла
5.	необходимый объем раствора А – 1 балл; концентрация катиона – 1 балл.	2 балла
ИТОГО 20 баллов		

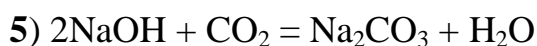
Решение задачи 9-4 (Сапарбаев Э.С.)

1. Сначала определим вещество **А**. Металл желто-красного цвета это медь. Значит, вещество **А** – растворимая соль меди голубого цвета, разлагающаяся при относительно невысокой температуре на белую соль **У**, и при более высоких температурах – на **Z₁**, **Z₂** и **Z₃**, т.е. **А** – голубой пентагидрат сульфата меди (II), $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, **У** – белый сульфат меди (II). Судя по описанию в условии: **Z₁** – черный оксид меди (II), **Z₂** – SO_2 и **Z₃** – кислород:



Для того, чтобы определить содержимое **первой колбы**, необходимо определить вещество **В**.

, отсюда $M_r(\text{B}) = 44$ г/моль. Этой молярной массе соответствуют газы N_2O и CO_2 . N_2O не реагирует с растворами щелочей, в то время как CO_2 с избытком щелочи реагирует с образованием карбоната натрия:



Содержимое первой колбы – раствор карбоната натрия (Na_2CO_3).

Уравнение реакции при добавлении сульфата меди(II):



Помутнение и осадок вызваны образованием нерастворимого $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ или $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$.

Обозначив за n число атомов кислорода, рассчитаем молярную массу **D**. Бинарное вещество **D**, из которого получают содержимое **второй колбы**, содержит 18,93% кислорода, что соответствует молярной массе $16n$.

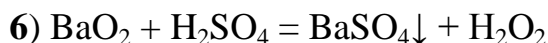
100% будут соответствовать молярной массе бинарного вещества **D**. Следовательно

$$\text{—————} =$$

Составим таблицу:

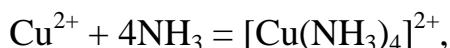
n	Формула кислородного соединения D ($\text{Э}_x\text{O}_y$)	$M_{\text{Э}}$, г/моль	Примечание
1	ЭO	$84,5 - 16 = 68,5$	Элемента с такой M нет.
	$\text{Э}_2\text{O}$	$(84,5 - 16 \cdot 2) / 2 = 34,25$	Элемента с такой M нет.
2	ЭO_2	$84,5 \cdot 2 - 16 \cdot 2 = 137$	Барий
	$\text{Э}_2\text{O}_2$	$(84,5 \cdot 2 - 16 \cdot 2) / 2 = 68,5$	Элемента с такой M нет.

ИТАК **D – BaO₂**

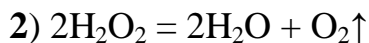


Содержимое второй колбы – раствор пероксида водорода (H_2O_2) и аммиак (NH_3).

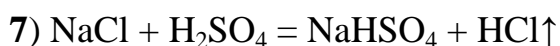
При добавлении к этому раствору сульфата меди(II) образуется комплекс:



который катализирует разложение перекиси водорода, в результате чего происходит бурная реакция с выделением большого количества кислорода:

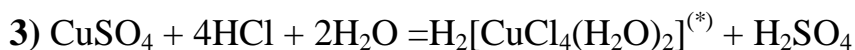


Содержимое третьей колбы – насыщенный раствор вещества С, которое можно получить взаимодействием концентрированного купоросного масла - H_2SO_4 с NaCl :



Содержимым третьей колбы является насыщенный раствор хлороводорода (**HCl**).

Взаимодействие избытка соляной кислоты с небольшим количеством сульфата меди(II) приводит к образованию прозрачного раствора зеленого цвета:



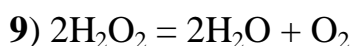
2. Фиолетово-черный порошок Е, при растворении которого в воде получили фиолетовый раствор, это – **KMnO_4** .

Содержимое первой пробирки у Гарри и Рона аналогично содержимому второй колбы в опытах профессора, т.е. в ней находится **перекись водорода (H_2O_2)**.

Перманганат калия окисляет перекись с образованием кислорода:

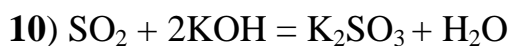


Образующийся оксид марганца(IV) катализирует разложение перекиси с бурным газовыделением:



Содержимое **второй** пробирки получают пропуская сернистый ангидрид через большой избыток гидроксида калия:

* Ионы хлора расположены в вершинах квадрата, вода на больших расстояниях, допустимо: $\text{H}_2[\text{CuCl}_4]$, однако тетраэдрический комплекс меди $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ имеет оранжевую окраску, в отличие от квадратного.



Содержимое второй пробирки – это раствор **сульфита калия (K_2SO_3)** и **гидроксида калия (KOH)** воде.

Образующийся в реакции 10 сульфит калия в щелочной среде окисляется перманганатом с образованием зеленого раствора манганата:



Для того, чтобы определить содержимое **третьей** пробирки, необходимо определить состав газовой смеси, пропускаемой через раствор гидроксида калия.

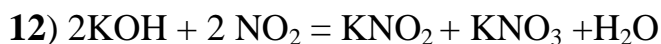
Зная плотность газовой смеси по воздуху, можно определить среднюю молярную массу газовой смеси, состоящей из двух оксидов азота:

Зная, что смесь эквимольная приходим к выводу, что

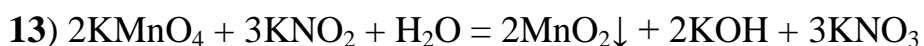
$$M(\text{газа 1}) + M(\text{газа 2}) = 76 \text{ г/моль.}$$

Если одним из оксидов является NO_2 (46 г/моль), то на молярную массу второго оксида приходится 30 г/моль, что соответствует NO ,

В третьей пробирке идет реакция:



Соответственно, из двух веществ в **третьей** пробирке только **нитрит калия (KNO_2)**, может реагировать с перманганатом. Поскольку газы пропускали через раствор щелочи до нейтральной среды, то в результате реакции образуется диоксид марганца – нерастворимое вещество коричневого цвета «почва»:

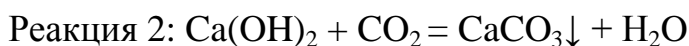
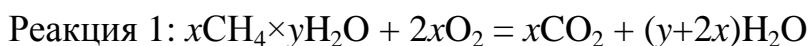


Система оценивания:

1.	Определение формулы вещества А	2 балла
2.	Уравнение реакций 1-8 и 10-13 по 1 баллу (уравнения 2 и 9 совпадают)	12 баллов
3.	Содержимое каждой из трех колб и двух пробирок по 1 баллу 1 × 5 (Содержание 2 колбы и пробирки 1 совпадают) (если без расчетов там, где они необходимы, по 0.5 баллов)	5 баллов
	Определение формулы вещества Е	1 балл
	ИТОГО:	20 баллов

Решение задачи 9-5 (Сапарбаев Э. С., Каргов С. И. и Еремин В. В.)

1.



Осадок массой 8.37 г – это CaCO_3 . Количество выпавшего CaCO_3 равно количеству CO_2 , которое, в свою очередь, равно количеству метана в исходном клатрате:

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2) = n(\text{CH}_4).$$

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{8.37}{100} = 8.37 \cdot 10^{-2} \text{ моль.}$$

$$m(\text{CH}_4) = 8.37 \cdot 10^{-2} \text{ моль} \times 16 \text{ г/моль} = 1.34 \text{ г.}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) \text{ в клатрате} = 10.00 - 1.34 = 8.66 \text{ г.}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0.48 \text{ моль.}$$

$$n(\text{CH}_4) : n(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 5.75.$$

Простейшая формула: $\text{CH}_4 \times 5.75 \text{ H}_2\text{O}$.

$$M(\text{CH}_4 \times 5.75 \text{ H}_2\text{O}) = 119.5 \text{ г/моль.}$$

Коэффициент, при умножении на который получится истинная формула:

$$956 / 119.5 = 8.$$

Следовательно, молекулярная формула клатрата $8 \text{ CH}_4 \times 46 \text{ H}_2\text{O}$.

$$\omega(\text{CH}_4) = \frac{8M(\text{CH}_4)}{M(8\text{CH}_4 \times 46\text{H}_2\text{O})} = \frac{8 \cdot 16}{956} = 0.134 = 13.4 \text{ \%}.$$

2.

$$m(\text{формульной единицы } 8 \text{ CH}_4 \times 46 \text{ H}_2\text{O}) = \frac{M(8 \text{ CH}_4 \times 46 \text{ H}_2\text{O})}{N_A} = \frac{956}{6.02 \cdot 10^{23}} =$$

$$1.59 \cdot 10^{-21} \text{ г.}$$

$$V(\text{элементарной ячейки}) = (1.2 \cdot 10^{-9} \text{ м})^3 = 1.73 \cdot 10^{-27} \text{ м}^3 = 1.73 \cdot 10^{-21} \text{ см}^3.$$

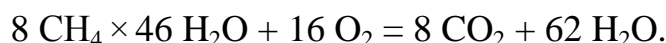
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1.59 \cdot 10^{-21}}{1.73 \cdot 10^{-21}} = 0.92 \text{ г/см}^3.$$

$$m(\text{гидрата}) = 0.92 \cdot 1000 = 920 \text{ г,}$$

$$m(\text{CH}_4) = 920 \cdot 0.134 = 123 \text{ г,}$$

$$V(\text{CH}_4) = \frac{m}{M} \frac{RT}{P} = \frac{123 \cdot 8.314 \cdot 298}{16 \cdot 101.3} = 188 \text{ л.}$$

3.

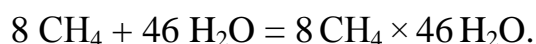
Реакция сгорания $8 \text{ CH}_4 \times 46 \text{ H}_2\text{O}$:

$$Q_{\text{реакции}} = 62 Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) + 8 Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) - 16 Q_{\text{обр}}(\text{O}_2) - Q_{\text{обр}}(8 \text{ CH}_4 \times 46 \text{ H}_2\text{O}).$$

Тогда

$$Q_{\text{обр}}(8 \text{ CH}_4 \times 46 \text{ H}_2\text{O}) = 62 Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) + 8 Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) - 16 Q_{\text{обр}}(\text{O}_2) - Q_{\text{реакции}} =$$

$$= 62 \cdot 285.8 + 8 \cdot 393.5 - 16 \cdot 0 - 6690.4 = 14177.2 \text{ кДж/моль.}$$

Реакция образования $8 \text{ CH}_4 \times 46 \text{ H}_2\text{O}$ из CH_4 и H_2O :

$$Q_{\text{реакции}} = Q_{\text{обр}}(8 \text{ CH}_4 \times 46 \text{ H}_2\text{O}) - 8 Q_{\text{обр}}(\text{CH}_4) - 46 Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) =$$

$$= 14177.2 - 8 \cdot 74.8 - 46 \cdot 285.8 = 432 \text{ кДж/моль.}$$

4.

Примем общую массу гидрата метана равной 10^{15} т, или 10^{18} кг.

$$m(\text{CH}_4) = m(8 \text{ CH}_4 \times 46 \text{ H}_2\text{O}) \times \omega(\text{CH}_4) = 1 \cdot 10^{18} \cdot 0.134 = 1.34 \cdot 10^{17} \text{ кг.}$$

$$m(\text{атм}) = 5.1 \cdot 10^{18} \text{ кг, } M(\text{атм}) = 29 \text{ г/моль.}$$

Объёмная доля газа равна его мольной доле:

$$\varphi(\text{CH}_4) = \frac{\nu(\text{CH}_4)}{\nu(\text{CH}_4) + \nu(\text{атм})} = \frac{1.34 \cdot 10^{17}}{\frac{1.34 \cdot 10^{17}}{16} + \frac{5.1 \cdot 10^{18}}{29}} = 0.045 = 4.5 \text{ \%}.$$

Система оценивания:

1.	Запись уравнений реакций (1), (2)	2 балла
	Расчёт молекулярной формулы гидрата метана	3 балла
	Расчёт процентного содержания метана	1 балл
2.	Расчёт плотности	4 балла
	Расчёт отношения объёмов	3 балла
3.	Теплота образования и тепловой эффект реакции	4 балла
4.	Масса чистого метана	1 балл
	Расчёт объёмной доли через объёмы или через моли (расчёт без количества метана в знаменателе – 1 балл из 2)	2 балла
	Всего:	20 баллов