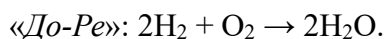
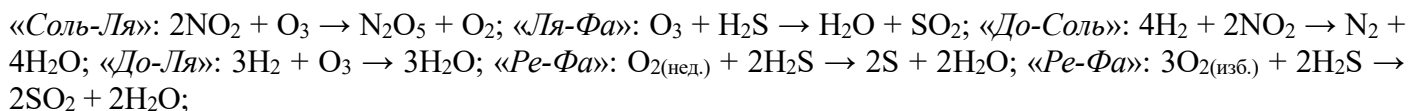
**Задание 1. (автор А.С. Романов)**

1. Основные компоненты воздуха (земной атмосферы) это N_2 и O_2 , при этом молярная масса диоксида азота делится на 16, давая 2 г/моль, что соответствует водороду. Тогда «До» – H_2 , «Ре» – O_2 . Обычно «лающий» звук издает пробирка, наполненная смесью водорода и кислорода, а звук «Па!» издается, когда поджигают чистый водород в пробирке. Уравнение реакции:

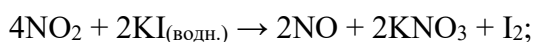
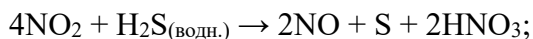
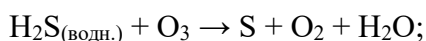
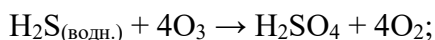
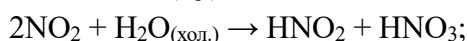
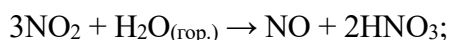


2. Заметим, что «Ля» получают из O_2 , при этом не используя другие вещества. Тогда «Ля» в своём составе содержит только атомы кислорода и единственный вариант «Ля» – O_3 . Поскольку «Ми» получается при реакции O_3 и H_2 , то «Ми» – H_2O . Получим формулу для расчёта молярной массы «Фа». В 100,0 г H_2O содержится 11,11 г водорода, тогда в 100,0 г «Фа» содержится $11,11/1,889 = 5,881$ г водорода, тогда $M(\text{«Фа»}) = 100,0x/5,881 = 17x$, где x – число атомов водорода в формульной единице «Фа». При $x = 1$ получаем «Фа» = OH , что не соответствует химическому смыслу, однако при $x = 2$ получаем «Фа» = H_2S . Второй вариант «Фа» = H_2O_2 не подходит, поскольку пероксид водорода не реагирует с кислородом. Молярная масса газа «Соль» лежит в интервале от 34 до 48 г/моль, что существенно сужает круг поиска. Единственным окрашенным газом с подходящей молярной массой является «Соль» = NO_2 . Уравнения реакций:

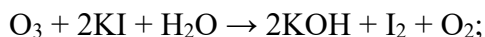
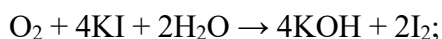


3. Черное-фиолетовое простое вещество, которое является одним из продуктов реакций, не может быть получено из веществ «До» – «Ля», а значит его источником служит бинарная калийная соль «Си» = KI . 10 химических реакций из 2 акта:

Интервалы:



Аккорды:



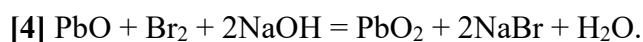
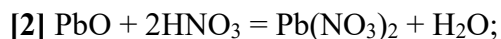
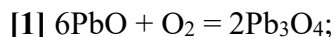
Система оценивания:

1.	Указание на H_2 и O_2 , объяснение – по 0,5 б., уравнение реакции – 1 б.	$0,5 \cdot 2 + 0,5 + 1 = 2,5$ б.
2.	Формулы «Ми» – «Ля» по 1 б., уравнения реакций – по 1 б.	$6 \cdot 1 + 6 \cdot 1 = 12$ б.
3.	Уравнения реакций – по 1 б.	$10 \cdot 1 = 10$ б.
	Всего:	24,5 балла

Задание 2. (автор И.А. Гаркуль)

1. Сначала определим формулу массикота. Так как массикот состоит из двухэлементного вещества, причем символ одного из элементов оканчивается на «b», то подходят: Rb, Nb, Sb, Pb, Yb, Db. Если оставить варианты из четных периодов, то выборка сократится до Pb и Yb. По описанию свойств речь идет о свинце, подтвердим это расчетом. Так как при прокаливании на воздухе качественный состав не меняется, то ясно, что речь идет об оксидах. По условию в формуле минерала «_b_» в каждом прочерке может поместиться только одна буква, значит для оксида свинца подходящая формула – PbO. Тогда молярная масса красно-оранжевого оксида свинца в расчете на 1 атом свинца $M = 1,024 \cdot M(\text{PbO}) \approx 228,35$ г/моль, что соответствует PbO_{4/3} или Pb₃O₄. Таким образом, массикот – PbO, галенит – PbS, платтнерит – PbO₂.

Запишем уравнения протекающих процессов [1] – [4]:



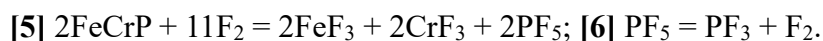
Далее необходимо определить состав Бахчисарайцевита. Два s-элемента из 3 периода это Na и Mg, и скорее всего их общее количество равно количеству кристаллизационной воды. Подсказки о простом веществе, и множестве аллотропных модификаций, а также степени окисления неметалла +5, позволяют догадаться о наличии в минерале фосфора, а чаще всего фосфор в минералах встречается в виде ортофосфат-иона. Промежуточная формула в соответствии с условием: Na_xMg_y(PO₄)₄·(x+y)H₂O. При нагревании Бахчисарайцевита масса уменьшается на 18,7% из-за удаления воды, откуда можем составить уравнение:

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = M(\text{H}_2\text{O}) \cdot (x+y) / M[\text{Na}_x\text{Mg}_y(\text{PO}_4)_4 \cdot (x+y)\text{H}_2\text{O}] = 18(x+y) / [23x + 24y + 95 \cdot 4 + 18(x+y)] = 0,187.$$

При упрощении получаем $10,333x + 10,146y = 71,06$. Из условия электронейтральности частицы можно составить уравнение $xZ(\text{Na}^+) + yZ(\text{Mg}^{2+}) = 4Z(\text{PO}_4^{3-})$, дающее $x + 2y = 12$. Далее решая систему из двух линейных уравнений, получаем ответ $y = 5$ и $x = 2$, откуда формула **Бахчисарайцевита** – **Na₂Mg₅(PO₄)₄·7H₂O**. При конденсации паров фосфора образуется **белый фосфор Р₄**.

2. Определение формулы Андрейивановита целесообразно начать с металлов, присутствующих в хромированной стали. Основную часть любой стали составляет железо, а в хромистой стали также присутствует хром. Таким образом, это Fe и Cr (подтверждается условием о том, что в ПСХЭ их разделяет всего один элемент). Для нахождения третьего элемента обратимся к условию образования, при сгорании минерала в атмосфере фтора, летучего соединения с плотностью по воздуху равной 4,35. Молярная масса такого соединения составляет $M \approx 4,35 \cdot 29 \approx 126$ г/моль. Если из этой массы последовательно вычитать атомную массу фтора, то при наличии 5 атомов фтора остаток составит 31 г/моль, что соответствует фосфору. Таким образом, речь идет о соединении PF₅, которое при разложении образует PF₃ и F₂, что подтверждается расчетом: $M(\text{PF}_5)/M(\text{PF}_3) = 126/88 = 1.43$.

Поскольку в Андрейивановите атомы всех элементов находятся в равном мольном соотношении, то **Андрейивановит** – **FeCrP**. Запишем уравнения протекающих процессов [5], [6]:



Отличие хромированной стали от хромистой в том, что хромированная сталь – это сталь с покрытием из хрома, а хромистая сталь – это легированная хромом сталь.

3. В Дмитрийивановите по условию содержится 3 элемента, один из которых кислород, массовая доля которого достаточно велика (40,49%). Тогда логичнее всего искать металлы с небольшой молярной массой. Так как все элементы находятся в разных периодах, то 2 период не рассматриваем. Остаются 3 и 4 периоды, так как дальше масса металлов уже будет сильно больше для разумного решения. Вспомним про условие об одной общей букве в символах металлов, а также то, что они находятся в разных группах. При нейтрализации кислого раствора карбонатом натрия выпадает два осадка, значит в исходном минерале должны находиться два металла, катионы которых осаждаются карбонат-ионом, следовательно, натрий не подходит. Тогда возможны следующие варианты: Mg-Ga, Al-Ca. В обоих случаях будет происходить выпадение осадков при добавлении карбоната натрия, причем один из осадков будет растворяться при пропускании углекислого газа (Ca(HCO₃)₂ и Mg(HCO₃)₂), а второй будет растворяться в избытке щелочи (Na[Al(OH)₄] и Na[Ga(OH)₄]). По

массовой доле кислорода подходит вариант с 4 атомами кислорода (получается целая молярная масса), тогда молярная масса составит $16 \cdot 4 / 0.4049 \approx 158$ г/моль, а за вычетом четырех молярных масс кислорода $158 - 16 \cdot 4 = 94$ г/моль, что соответствует молярным массам (Mg+Ga) и (Ca+2Al), однако по заряду соединение «MgGaO₄» невозможно при степени окисления кислорода «-2», а формула CaAl₂O₄ химически корректна. Подытоживая все вышеперечисленное, истинная формула **Дмитрийивановита – CaAl₂O₄**.

Запишем уравнения протекающих процессов [7] – [12]:

[7] $\text{CaAl}_2\text{O}_4 + 5\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow[t^\circ\text{C}, p]{\text{конц.}} \text{Ca}(\text{HSO}_4)_2 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{H}_2\text{O}$ (написание в качестве продукта реакции Al(HSO₄)₃ засчитывается полным баллом);

[8] $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; поскольку Na₂CO₃ – большой избыток, то корректным вариантом также является написание NaHCO₃ вместо CO₂.

[9] $\text{Ca}(\text{HSO}_4)_2 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$;

[10] $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 3\text{CO}_2$;

[11] $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$;

[12] $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$.

Примечание: действительно, при избытке карбонат-ионов даже в присутствии сульфат-ионов образуется именно CaCO₃, поскольку $K_s(\text{CaCO}_3)/K_s(\text{CaSO}_4) = 1,52 \cdot 10^{-4}$. Андрейивановит назван в честь доктора геолого-минералогических наук Андрея Валерьевича Иванова. Дмитрийивановит назван в честь Дмитрия Андреевича Иванова, русского геолога, минералога и петролога. Название у последнего минерала – Владимиривановит, в честь минералога Владимира Георгиевича Иванова.

Система оценивания:

1.	Формулы массивкота, галенита, платтнерита и Бахчисарайцевита – по 1,5 б., уравнения реакций [1] – [4] по 1 б. Формула и название белого фосфора – по 0,5 б.	$1,5 \cdot 4 + 1 \cdot 4 + 0,5 \cdot 2 = 11$ б.
2.	Формула Андрейивановита – 1,5 б., уравнения реакций [5], [6] по 1 б. Отличие сталей – 1 б.	$1,5 + 1 \cdot 2 + 1 = 4,5$ б.
3.	Формула Дмитрийивановита – 1,5 б., уравнения реакций [7] – [12] по 1 б., название минерала – 0,5 б, имена и фамилии ученых – по 0,5 б.	$1,5 + 1 \cdot 6 + 0,5 + 0,5 + 0,5 = 9$ б.
Всего:		24,5 балла

Задание 3. (автор М.Е. Жежера)

1. Молярная масса белого фосфора (P₄) составляет 124 г/моль. Следовательно, молярная масса **A** равна $124 / 4 = 31$ г/моль, что соответствует **красному фосфору**.

Зарядовое число фосфора – 15. Элемент с зарядовым числом на 1 больше – это сера (16). Таким образом, спички назывались **серными**.

Коробок модифицировали: на одну из его сторон **нанесли абразив**. При трении головки спички (содержащей в основном бертолетову соль и восстановитель) о такую поверхность, смесь разогревается и воспламеняется. Ранее пропитка красным фосфором и такая модификация не требовались, поскольку зажигательная смесь на основе белого фосфора воспламеняется даже от слабого трения, например о стену здания или о подошву ботинка.

2. Вещество **B** получают метатезисом (реакцией обмена) между KCl и веществом **D**, которое, в свою очередь, получают электролизом водного раствора NaCl. Молярная масса **D** равна $16x / 0,4507 = 35,5x$. Подставляя $x = 3$, получаем $M(D) = 106,5$ г/моль, что соответствует NaClO₃. Тогда [4]: $\text{NaClO}_3 + \text{KCl} \rightarrow \text{KClO}_3 + \text{NaCl}$; [5]: $\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaClO}_3 + 3\text{H}_2$. **B – KClO₃, D – NaClO₃**.

Вещество **C** упоминается как продукт реакции [6]: пропускание сероводорода (H₂S) через подкисленный раствор трихлорида сурьмы. Это реакция осаждения сульфида металла: [6] $2\text{SbCl}_3 + 3\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{Sb}_2\text{S}_3 + 6\text{HCl}$; таким образом **C – Sb₂S₃** (сульфид сурьмы(III)).

Горение спички начинается с реакции горения **A** – красного фосфора (на самом деле данный процесс несколько сложнее: за счёт трения происходит резкий локальный разогрев стенки коробка, красный

фосфор из-за повышенной температуры превращается в белый фосфор и уже он начинает гореть). Данная реакция запишется как [1] $P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$; после неё начинается разложение **В** с образованием газа-окислителя. Хлораты разлагаются до перхлоратов без выделения газов, однако при присутствии катализатора (MnO_2) в системе, данный процесс идёт до хлоридов и выделяется кислород и, таким образом, реакция [2]: $2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$. Выделяется газ-окислитель – кислород – вступающий в реакцию с **С** и реакция [3]: $2Sb_2S_3 + 9O_2 \rightarrow 2Sb_2O_3$ (или Sb_2O_5) + $6SO_2$.

В данном последовательном процессе **В** выступает в роли окислителя («генератор кислорода»), а **С** – в роли восстановителя («горючего»).

3. Из фразы “розовое окрашивание водного раствора фенолфталеина” несложно определить, что газ образует щелочную среду в водном растворе. Такой газ может получиться только из **Q** – двухэлементного катиона – и единственный вариант, удовлетворяющий условию об образовании газообразного продукта, это аммиак (**D**), тогда $Q = NH_4^+$.

Рассчитаем молярную массу элемента **Me**. Для этого нам понадобится молярная масса соединения **E**: $M(E) = 2 \cdot M(NH_4) + M(Me) + 3 \cdot M(SO_4) + 4 \cdot M(H_2O) = 2 \cdot 18 + M(Me) + 3 \cdot 96 + 4 \cdot 18 = 36 + M(Me) + 288 + 72 = M(Me) + 396$. При этом массовая доля элемента **Me** в **E** равна: $\omega(Me) = M(Me)/M(E) = 0,2612$. Объединяя эти два уравнения, получаем: $M(Me) + 396 = 3,8285 \cdot M(Me) \Rightarrow M(Me) = 140$ г/моль, что соответствует **Me** – **Ce**, и тогда **E** – $(NH_4)_2Ce(SO_4)_3 \cdot 4H_2O$.

В ходе прокаливании потеря массы составляет 67,9 масс.%, то есть $M(F)/M(E) = 1 - 0,679 = 0,321$; $M(F) = 0,321 \cdot (396 + 140) = 172$ г/моль. Поскольку у церия стабильными степенями окисления являются +3 и +4, то могли образоваться либо Ce_2O_3 , либо CeO_2 . $M(Ce_2O_3) = 328$ г/моль, $M(CeO_2) = 172$ г/моль. Значит **F** – **CeO₂**.

Уравнение реакции [7]: $2(NH_4)_2Ce(SO_4)_3 \cdot 4H_2O \rightarrow 2CeO_2 + 4NH_3 + 6SO_2 + 3O_2 + 10H_2O$, газ **G** – **NH₃**.

Формулу нестехиометрического оксида **H** можно определить, написав формулу оксида церия с учётом соотношения Ce^{+3} и Ce^{+4} : $Ce^{+3}_4Ce^{+4}_3O^{-2}_x$, записав уравнение электронейтральности получаем $x = (4 \cdot 3 + 3 \cdot 4)/2 = 12 \Rightarrow H - Ce_7O_{12}$. Тогда, [8]: $7CeO_2 \rightleftharpoons Ce_7O_{12} + O_2$; [9] $7CeO_2 + 2CO \rightleftharpoons Ce_7O_{12} + 2CO_2$.

Учитывая состав (церий и железо), этот сплав также называют **ферроцерий**.

4. При электролизе расплава хлорида на катоде выделяется металл, на аноде – **хлор** (газ **J** с резким запахом). В условии задачи указано, что у церия две стабильных степени окисления – +3 и +4. Предположим, что **I** – $CeCl_4$, тогда уравнение электролиза: $CeCl_4(\text{расплав}) \rightarrow Ce(\text{катод}) + 2Cl_2(\text{анод})$.

Сделаем расчёт выхода электролиза: $m_{\text{теор}} = \left(\frac{It}{F}\right) \left(\frac{M}{z}\right) = \left(\frac{10000 \cdot 3600}{96485}\right) \left(\frac{140}{4}\right) = 13059 \text{ г} \approx 13 \text{ кг}$. Масса выделившегося металла составила 14,0 кг, то есть выход $\eta \approx 14,0/13 \cdot 100\% \approx 107,7\%$, что невозможно. Значит, **I** – $CeCl_3$, тогда уравнение электролиза: [10]: $2CeCl_3(\text{расплав}) \rightarrow 2Ce(\text{катод}) + 3Cl_2(\text{анод})$.

$m_{\text{теор}} = \left(\frac{It}{F}\right) \left(\frac{M}{z}\right) = \left(\frac{10000 \cdot 3600}{96485}\right) \left(\frac{140}{3}\right) = 17412 \text{ г} \approx 17,41 \text{ кг}$, и выход $\eta = 14,0/17,41 \cdot 100\% \approx 80,4\%$.

Система оценивания:

1.	Название вещества A , заполнение пропуска, описание модификации коробка, объяснение – по 0,5 б.	$0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 = 2 \text{ б.}$
2.	Формулы B , C , D – по 1 б.; уравнения реакций [1] – [6] – по 1 б., указание ролей B и C – по 0,5 б.	$1 \cdot 3 + 1 \cdot 6 + 0,5 \cdot 2 = 10 \text{ б.}$
3.	Формулы E , F , G , H – по 1 б., уравнения реакций [7] – [9] – по 1 б., название сплава – 0,5 б.	$1 \cdot 4 + 1 \cdot 3 + 0,5 = 7,5 \text{ б.}$
4.	Формулы J , I и уравнение электролиза [10] – по 1 б., расчет выхода электролиза – 3 б., указание электродов – по 1 б.	$1 + 1 + 1 + 3 + 1 \cdot 2 = 8 \text{ б.}$
Всего:		27,5 баллов