

**Задание 1. «Музыкальная химия»**

*«Разум человеческий владеет тремя ключами,
открывающими всё: цифрой, буквой, нотой.
Знать, думать, мечтать. Всё в этом.»*

Виктор Мари Гюго, французский писатель

Солнечный луч, игривый и неугомонный, скользил по парте, за которой сидели Коля и Петя – Юные Химики, чьи души рвались к гармонии, но не к той, что диктовал суровый учебник сольфеджио. Монотонные гаммы, как цепь, приковывали их к стульям, а за окном... о, а за окном бушевала весна! Ласточки, словно ноты на невидимом нотном стане, выписывали виражи в лазурном небе, а воздух дрожал от аромата цветущей сирени.

— Если бы музыка была хоть чуть похожа на химию, — вздохнул Петя, глядя, как пылинки танцуют в луче света, — мы бы превращали ноты в вещества, а аккорды в реакции...

— И сочиняли симфонии из реактивов! — подхватил Коля, уже мысленно смешивая звуки, как растворы в колбе.

И тут учительница, услышав их мечтательные разговоры, улыбнулась:

— Ну что ж... если вам так не терпится услышать, как химия поёт — ступайте в лабораторию. Но чтобы к концу урока у меня были не только все реакции, но и сольфеджио анализ их звучания!

Коля и Петя знали, что ноты – как вещества, а аккорды (одновременное сочетание трёх и более музыкальных звуков) и интервалы (сочетание двух звуков) обозначают химическую реакцию между несколькими или двумя веществами соответственно. Ребята собрали в пробирке бесцветные газы «До» и «Ре», поднесли спичку — и раздался «До-Ре» резкий лающий звук!

1. Какие вещества «спели» в пробирке? Почему звук был именно таким, а не характерным «Па!» для этой реакции, проводимой в пробирке? Напишите уравнение реакции «До-Ре» если «Ре» тяжелее «До» в 16 раз, и при этом является одним из основных компонентов земной атмосферы.

Проведя целый день за мозговым штурмом, у ребят получилось написать целую композицию:

1 акт – игра в газовой фазе

«Соль-Ля» → «Ре» + «?»	«До-Соль» → «Ми» + «?»	«Ре-Фа» → «Ми» + «?»
«Ля-Фа» → «Ми» + «?»	«До-Ля» → «Ми»	«Ре-Фа» → «Ми» + «?»

2 акт – игра в водном растворе

«Соль-Ми» → «?» + «?»	«Соль-Ми» → «?» + «?»	«Фа-Ля» → «?» + «Ре»	«Фа-Ля» → «?» + «Ре» + «Ми»	«Соль-Фа» → «?» + «?» + «?»
«Соль-Си» → «?» + «?» + «?»	«Ре-Си-Ми» → «?» + «?»	«Ля-Си-Ми» → «Ре» + «?» + «?»	«Соль-Ля-Ми» → «?»	«Соль-Ре-Ми» → «?»

«Ля» получают из «Ре», при этом других нот не требуется. Значок «?» обозначает продукт реакции, который не входит в состав наших семи нот, при этом в таблице все продукты указаны. Два варианта «Ре-Фа» возможны при проведении реакции в недостатке или избытке «Ре», а два варианта «Соль-Ми» возможны при использовании горячей или холодной «Ми». Массовое содержание самых легких атомов в «Ми» в 1,889 раз больше, чем в «Фа». Окрашенный газ «Соль» легче «Ля», но тяжелее «Фа».

2. Напишите уравнения химических реакций из 1 акта и формулы веществ «Ми» – «Ля».

3. Напишите уравнения химических реакций из 2 акта. Заметим, что в качестве одного из продуктов в 6 из 10 этих реакций образуется «Ре» и/или желтое и/или черно-фиолетовое простое вещество. Вещество «Си», является бинарной калийной солью с $\omega(\text{K}) = 23,49\%$.

Задание 2. «Химия и минералогия».

«Если на одном дыхании Вы смогли произнести пять названий минералов из этой задачи, то Вы точно станете победителем. Как минимум по ораторскому искусству.»

В надежде на то, что это поможет хорошо решить олимпиаду, школьники стараются выучить как можно больше минералогических названий. Уверены, что Вам это поможет.

Юный химик-минералог обнаружил в школьной лаборатории несколько красивых минералов с подписанными названиями, но почти полностью стертыми формулами.

У минерала с названием «*массикот*» от надписи осталось только «*_b_*», где на месте прочерков с каждой стороны могла поместиться только одна буква, при этом массикот состоит из двух элементов, которые находятся в четных периодах. Для определения состава образец этого минерала прокалили на воздухе [1], что привело к образованию красно-оранжевого вещества и увеличению массы навески в 1,024 раза, при этом качественный состав этого вещества совпадает с составом массикота. Если же массикот растворить в разбавленной азотной кислоте [2], а затем пропустить через полученный раствор ток сероводорода [3], то выпадет осадок бинарного вещества, формула которого соответствует основному компоненту другого минерала – *галенита*. Наконец, если к массикоту добавить концентрированную натриевую щелочь и бром, то можно наблюдать образование бинарного темно-коричневого вещества [4], которое является основным компонентом минерала *платтнерита*, массовое содержание металла в котором примерно такое же, как в галените.

Второй минерал «*Бахчисарайцевит*» состоит из 5 элементов: двух s-элементов из 3 периода, неметалла в степени окисления +5. При этом сам минерал является кристаллогидратом, то есть содержит в своем составе кристаллизационную воду. Данный минерал имеет один тип анионов, причем количество атомов кислорода в одном анионе соответствует количеству анионов в одной формульной единице минерала, а общее количество катионов равно общему количеству кристаллизационной воды. При прокаливании этого минерала с углем выделяется простое вещество, которое при охлаждении конденсируется. Заметим, что это вещество может обладать различной окраской вследствие существования большого количества аллотропных модификаций, одна из которых образуется при конденсации паров этого вещества. При сильном и длительном нагревании Бахчисарайцевита из него удаляется вся кристаллизационная вода, вследствие чего его масса уменьшается на 18,7%.

1. Напишите уравнения реакций [1] – [4] и формулы массикота, галенита, платтнерита и Бахчисарайцевита. Напишите формулу и название вещества, которое образуется при конденсации упомянутых паров.

Оставшиеся три минерала оказались схожи своим названием – *Андрейивановит*, *Дмитрийивановит* и ...ит, но по химическому составу они отличаются.

Андрейивановит состоит из атомов трех элементов в равном мольном соотношении. Известно, что оба металла в нем, также присутствуют в составе хромистой стали, а в ПСХЭ их разделяет всего один элемент. При сгорании небольшого образца минерала в атмосфере фтора [5] образуется бинарное летучее соединение с плотностью по воздуху* равной 4,35, которое при дальнейшем нагревании разлагается [6] с образованием простого вещества и другого бинарного соединения, легче предыдущего в 1,43 раза.

2. Определите формулу Андрейивановита и напишите уравнения реакций [5], [6]. Чем хромистая сталь отличается от хромированной?

Дмитрийивановит также состоит из 3 элементов, но все они являются элементами главных подгрупп, при этом группы и периоды – разные. Также известно, что символы обоих металлов в этом минерале имеют одну общую букву, а массовое содержание кислорода в минерале составляет 40,49%. Минерал поместили в автоклав и растворили [7] в концентрированной серной кислоте при нагревании под давлением. Полученный раствор нейтрализовали [8] – [10] большим избытком карбоната натрия, при этом выпал осадок, который состоит из двух веществ. Осадок отделили и поместили в дистиллированную воду. При пропускании через воду с осадком избытка углекислого газа он частично растворяется [11]. При добавлении к осадку избытка натриевой щелочи он также частично растворяется с образованием комплексного соединения [12].

Пятый минерал в коллекции отличался от остальных тем, что для него сохранилась формула –

$\text{Na}_6\text{Ca}_2(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})(\text{SO}_4, \text{S})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, но стерлось название. Однако виднелась сноска, что минерал назван в честь минералога Владимира Георгиевича Иванова.

3. Определите формулу Дмитриивановита и напишите уравнения реакций [7] – [12]. Попробуйте написать название последнего минерала, а также фамилии и имена минералогов, в честь которых названы Андрейивановит и Дмитриивановит.

*Плотностью газа 1 по газу 2 называется величина $D_{1/2} = \rho(1)/\rho(2) = M(1)/M(2)$. Молярная масса воздуха примерно равна 29 г/моль.

Задание 3. «Рождение искры»

С древнейших времен люди находили самые разнообразные способы добычи огня. В начале XIX века широкое распространение получили <...> спички, однако их использование было сопряжено с опасностью: они легко самовоспламенялись, а белый фосфор, входивший в их состав, вызывал тяжелые отравления у рабочих. В середине XIX века в Швеции спички сделали безопасными: белый фосфор был заменен на вещество **A**, масса 4 моль которого равна массе 1 моль белого фосфора. Коробок для спичек также подвергся модификации: одну его сторону изменили, а также стали пропитывать этим веществом (**A**).

1. Назовите вещество **A**. Заполните пропуск, обозначенный <...>, учтя, что в нём содержится название элемента, зарядовое число которого на 1 больше, чем у элемента, входящего в состав вещества **A**. Какую модификацию произвели с коробком и почему раньше эта модификация не требовалась?

Процесс горения современных спичек можно представить следующим образом: при трении о коробок загорается небольшое количество вещества **A** [1], это пламя зажигает головку спички, в состав которой входят бертолетова соль **B**, антимонит **C** и диоксид марганца. Последний является катализатором для разложения **B** [2], при котором выделяется газ-окислитель, вступающий в реакцию с **C** [3]. Бертолетову соль в промышленности получают реакцией обмена [4] между хлоридом калия и веществом **D** ($\omega(\text{O}) = 45,07\%$), которое получают электролизом водного раствора поваренной соли [5]. Антимонит встречается в природе, а в лаборатории может быть получен пропуском сероводорода через подкисленный раствор трихлорида сурьмы [6].

2. Определите формулы веществ **B**, **C**, **D** и напишите уравнения реакций [1] – [6]. Какие роли в составе спичечных головок выполняют **B** и **C**?

Поиск ещё более удобного источника огня привёл к созданию зажигалок, принцип работы которых основан на механическом получении искры для воспламенения паров топлива – обычно сжиженного углеводородного газа. Прорывным в технологии зажигалок стало открытие Карла Ауэра фон Вельсбаха, который в 1903 году разработал пирофорный сплав, состоящий в основном из **Me** и железа, и назвал его *мишметаллом*. Мельчайшие частицы этого сплава, соскабливаемые стальным колесиком, мгновенно окисляются на воздухе, давая сноп искр.

Химия элемента **Me**, являющегося основой сплава, крайне интересна. Этот элемент проявляет степени окисления +3 и +4. Его соединения широко используются не только в зажигалках. Например, при прокаливании [7] кристаллического соединения **E** состава $\text{Q}_2\text{Me}(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, содержащего 26,12 масс.% элемента **Me**, образуется оксид **F** (потеря массы при прокаливании составляет 67,9 масс.%) и газ **G**, который, вызывает розовое окрашивание водного раствора фенолфталеина. Большая часть оксида **F** используется в двух отраслях: в катализаторах для очистки выхлопных газов, а также в качестве полировочного материала при производстве линз и кремниевых пластин для чипов.

F обладает интересным свойством: при нагревании [8] он обратимо теряет кислород, образуя нестехиометрический оксид **H**, в составе которого находится Me^{+3} и Me^{+4} в соотношении 4 к 3 соответственно. Также, **H** образуется при пропуске угарного газа над оксидом **F** при нагревании [9].

3. Определите формулы веществ **E** – **H** и напишите уравнения реакций [7] – [9], учитывая, что **Q** – двухэлементный катион. Как иначе называют *мишметалл*, учитывая состав сплава?

Простое вещество элемента **Me** получают электролизом [10] расплава его безводного хлорида **I**. При пропуске тока силой 10 кА в течение 1 часа на электродах выделяются 14,0 кг металла и 3,36 м³ (н. у.) газа **J**, имеющего резкий запах.

4. Определите формулу хлорида **I** и газа **J**. Напишите уравнение электролиза [10]. Рассчитайте выход процесса электролиза и укажите, на каких электродах происходит образование продуктов.

Закон Фарадея: $m = \left(\frac{It}{F}\right)\left(\frac{M}{z}\right)$, где I – сила тока ($A = \text{Кл/с}$), t – время (s), M – молярная масса (г/моль), F – постоянная Фарадея (96485 Кл/моль), z – число электронов, принятое или отданное одной частицей вещества в ходе восстановления или окисления.