

**Задача 1**

В процессе подготовки к олимпиадам по химии Вася узнал несколько очень ценных приёмов, которые помогли ему успешно справиться с заданиями на самой олимпиаде. Одним из них, посвящённым установлению формулы оксида по массовым долям входящих в его состав элементов, он решил поделиться и с вами:

«Некоторые оксиды, содержащие в своём составе атомы элемента в разных степенях окисления, порой обладают достаточно причудливым составом. При их расчёте лучше предположить, что определяемое соединение имеет состав  $MO_x$ , после, исходя из массовой доли элементов, вычислить значение  $x$ . На следующем шаге необходимо привести значение  $x$  к обыкновенной дроби, например,  $FeO_{4/3}$ , а далее «умножить всю формулу» на её знаменатель, приведя к более привычному виду, например,  $Fe_3O_4$ .»

В таблице ниже Вася подготовил для вас несколько «необычных» оксидов, формулы которых необходимо определить исходя из массовых долей элементов. Юный химик также очень надеется, что вы также воспользуетесь приёмом, которым он поделился с вами. Для записи формул оксидов используйте буквы английского алфавита и цифры, например,  $Cu_2O_3$  или  $ZrO_2$ . Молярные массы элементов используйте с точностью до тысячных.

Бинарное соединение <b>кислорода</b> с	$\omega(O)$ , %	Формула вещества
кобальтом	26,577	
иодом	22,098	
ураном	15,200	
празеодимом	17,230	
титаном	35,710	

**Задача 2**

В рабочем кабинете известного профессора геологии 19 века, который изучал многообразие минералов, был найден тайник. В нем удивлённые учёные обнаружили коллекцию природных ископаемых, однако при исследовании возникла проблема: подписи к образцам истлели от времени. Коллекцию отнесли в лабораторию и провели ряд опытов. Их результатом стала следующая таблица:

Образец	Данные спектрального анализа о мольном содержании элементов в образце	Массовая доля элемента <b>D</b>
1	A – 10,4% B – 6,9% C – 20,7% D – 62,0%	0,5363
2	D – 50,0% E – 8,3% F – 8,3% G – 33,4%	0,5581
3	B – 14,3% C – 7,1% D – 50% G – 28,6%	0,5657
4	B – 40,0% D – 60,0%	0,4706
5	B – 15,4% C – 15,4% D – 61,5% E – 7,7%	0,4604
6	C – 33,3% D – 66,6%	0,5333

1. Определите химический состав каждого минерала
2. Приведите тривиальные названия для образцов минералов 1, 2, 4 и 6.

**Задача 3**

В попытке приготовить раствор X, лаборант Бюреточкин добавил к 200,0 мл 10 %-ного раствора гидроксида калия ( $\rho = 1,092 \text{ г/см}^3$ ) 100,0 мл 25 %-ного раствора того же вещества ( $\rho = 1,239 \text{ г/см}^3$ ).

1. Вычислите массу и объём раствора X, а также массовую долю щёлочи в нём. Считайте, что плотность раствора X равна  $1,139 \text{ г/см}^3$ .

Полученный раствор X лаборант разделил на 6 частей и добавил в них по одному веществу из следующего списка: вода, соляная кислота, цинк, калий, золото, сульфид ртути(II).

2. Для каждого из добавленных веществ укажите, как оно влияет на массовую долю щёлочи в растворе X: увеличивает, уменьшает или оставляет неизменным.
3. Запишите уравнения трёх химических реакций, протекающих при добавлении веществ из списка в раствор X.

**Задача 4\***

С образцом металла **X** в лаборатории провели небольшой эксперимент. Сначала его растворили в соляной кислоте, при этом образовался бесцветный раствор соединения **A** (реакция 1). При добавлении к нему водного раствора аммиака выпадает белый осадок вещества **B** (реакция 2), который при нагревании до высокой температуры превращается в крайне тугоплавкий оксид **C** (реакция 3). Вещество **B** также легко растворяется и в концентрированном растворе едкого кали, при этом образуется бесцветный раствор комплексного соединения **D** (реакция 4).

При добавлении к раствору **A** фторида калия образуется белый осадок соединения **E** (реакция 5), из которого восстановлением металлическим кальцием иногда получают чистый металл (реакция 6).

1. Установите металл **X**. Определите формулы веществ **A** – **E**, если известно, что для получения 1,00 г металла в теории требуется 2,27 г вещества **E**.
2. Напишите уравнения реакций 1-6.



## ШЦПМ.Олимпиада. 2025/2026 учебный год.

## Химия. 8 класс. Решения задач.

## Задача 1

Определение формул оксидов веществ производится в соответствии с алгоритмом, предложенным Васей. Пусть формула первого вещества – оксида кобальта – может быть записана в виде  $\text{CoO}_x$ , тогда:

$$\frac{16 \cdot x}{58,933 + 16 \cdot x} = 0,26577,$$

$$x = \frac{4}{3}.$$

Состав данного оксида может быть записан в виде  $\text{CoO}_{4/3}$  или  $\text{Co}_3\text{O}_4$ . Состав остальных оксидов, установленный аналогично, представлен в таблице.

Бинарное соединение кислорода с	$\omega(\text{O})$ , %	Формула вещества
кобальтом	26,577	$\text{Co}_3\text{O}_4$
иодом	22,098	$\text{I}_4\text{O}_9$
ураном	15,200	$\text{U}_3\text{O}_8$
празеодимом	17,230	$\text{Pr}_6\text{O}_{11}$
титаном	35,710	$\text{Ti}_3\text{O}_5$

Критерии оценивания	
1. Определение формулы каждого из оксидов	по 5 баллов
<b>Итого</b>	<b>25 баллов</b>



## Задача 2

Исходя из данных о мольных долях элементов в образцах, установим брутто-формулы минералов:

1.  $A : B : C : D = 10,4 : 6,9 : 20,7 : 62,0 = 1,5 : 1 : 3 : 9 = 3 : 2 : 6 : 18$
2.  $D : E : F : G = 50,0 : 8,3 : 8,3 : 33,4 = 6 : 1 : 1 : 4$
3.  $B : C : D : G = 14,3 : 7,1 : 50,0 : 28,6 = 2 : 1 : 7 : 4$
4.  $B : D = 40,0 : 60,0 = 2 : 3$
5.  $B : C : D : E = 15,4 : 15,4 : 61,5 : 7,7 = 2 : 2 : 8 : 1$
6.  $C : D = 33,3 : 66,7 = 1 : 2$

Исходя из того, что каждый из 6 образцов содержит элемент **D**, а наиболее распространённым в земной коре является кислород, можно предположить, что **D = O**. Рассчитаем молярные массы образцов 1-6, исходя из нашего предположения:

Образец	Химическая формула	Молярная масса, г/моль
1	$A_3B_2C_6O_{18}$	537,01
2	$EFG_4O_6$	172,01
3	$B_2CG_4O_7$	198,00
4	$B_2O_3$	102,00
5	$EB_2C_2O_8$	278,01
6	$CO_2$	60,00

Исходя из полученных данных, для образцов 4 и 6 можно легко установить, что молярная масса **C** составляет 28,00 г/моль, что соответствует **C = Si**, а для **B** – 27,00 г/моль, то есть **B = Al**.

Расшифруем оставшиеся неизвестные элементы:

На 3 атома **A** приходится 27,01 г/моль, то есть молярная масса **A** составляет 9,00 г/моль - **A = Be**.

На 1 атом **E** приходится 40,01 г/моль, тогда - **E = Ca**.



На 4 атома **G** приходится 4,00 г/моль, то есть молярная масса **G** – 1 г/моль – **G** = **H**.

На 1 атом **F** приходится 32,00 г/моль, тогда – **F** = **S**.

Таким образом, в коллекции находились следующие минералы:

Образец	Химическая формула
1	<b><math>\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}</math></b> (берилл)
2	<b><math>\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math></b> (гипс)
3	<b><math>\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math></b>
4	<b><math>\text{Al}_2\text{O}_3</math></b> (корунд)
5	<b><math>\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8</math></b>
6	<b><math>\text{SiO}_2</math></b> (кварц)

Критерии оценивания	
1. Установление формул образцов 1-6	по 3 балла
2. Написание тривиальных названий образцов 1, 2 и 4	по 2 балла
Написание тривиального названия образца 6	1 балл
<b>Итого</b>	<b>25 баллов</b>

**Задача 3**

Масса раствора X равна сумме масс смешанных растворов:

$$m_X = m_{10\% \text{ KOH}} + m_{25\% \text{ KOH}} = 1,092 \frac{\text{г}}{\text{мл}} \cdot 200 \text{ мл} + 1,239 \frac{\text{г}}{\text{мл}} \cdot 100 \text{ мл} = 342,3 \text{ г.}$$

Вычислим объём раствора X, разделив его массу на плотность:

$$V_X = \frac{m_X}{\rho_X} = \frac{342,3 \text{ г}}{1,139 \frac{\text{г}}{\text{мл}}} = 300,53 \text{ мл.}$$

Суммарная масса щёлочи в растворе X может быть вычислена путём сложения массы этого вещества, в каждом из исходных растворов:

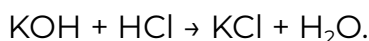
$$m_X(\text{KOH}) = 1,092 \frac{\text{г}}{\text{мл}} \cdot 200 \text{ мл} \cdot 0,1 + 1,239 \frac{\text{г}}{\text{мл}} \cdot 100 \text{ мл} \cdot 0,25 = 52,815 \text{ г.}$$

Рассчитаем массовую долю гидроксида калия в растворе X:

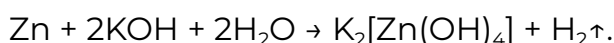
$$\omega_X(\text{KOH}) = \frac{m_X(\text{KOH})}{m_X} = \frac{52,815 \text{ г}}{342,3 \text{ г}} = 0,1543 \text{ (15,43\%).}$$

Добавление воды к раствору X приводит к уменьшению массовой доли гидроксида калия за счёт разбавления.

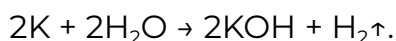
Добавление соляной кислоты к раствору X приводит к уменьшению массовой доли KOH за счёт протекания реакции нейтрализации:



Добавление цинка к раствору X приводит к уменьшению массовой доли KOH за счёт образования тетрагидроксоцинкат(II)-иона:



Добавление калия к раствору X приводит к увеличению массовой доли KOH за счёт образования дополнительной щёлочи:



Добавление золота и сульфида ртути(II) не влияет на массовую долю KOH, поскольку эти вещества не растворяются в этой системе.

<b>Критерии оценивания</b>	
1. Расчёт массы и объёма <u>раствора X</u>	по 2 балла
Расчёт массового содержания щёлочи в <u>растворе X</u>	3 балла



2. Влияние каждого из веществ на массовую долю КОН в <u>растворе X</u>	по 2 балла
3. Уравнения описанных реакций	по 2 балла
<b>Итого</b>	<b>25 баллов</b>

**Задача 4\***

Большинство химических фактов, представленных в условии задачи позволяют сделать выбор в пользу алюминия. Подтвердим или опровергнем своё предположение с помощью расчёта. Составим уравнения описанных химических превращений, обозначив неизвестный металл за **X**. На первой стадии при его растворении в соляной кислоте образуется хлорид  $XCl_3$ , который далее под действием водного аммиака превращается в гидроксид  $X(OH)_3$ , при термическом разложении которого образуется оксид  $X_2O_3$ . При растворении  $X(OH)_3$  в концентрированном растворе гидроксида калия образуется гидроксиокомплекс  $K_3[X(OH)_6]$ . Добавление фторида калия к хлориду позволяет получить малорастворимый  $XF_3$ , из которого кальцийтермией получают сам металл **X**. Приравняв друг к другу количества металла и фторида, рассчитаем молярную массу **X**:

$$n(XF_3) = n(X),$$

$$\frac{m(XF_3)}{M(X)+3M(F)} = \frac{m(X)}{M(X)},$$

$$\frac{2,27 \text{ г}}{M(X)+57 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = \frac{1,00 \text{ г}}{M(X)},$$

$$M(X) = 44,88 \frac{\text{г}}{\text{моль}}.$$

Данной молярной массе соответствует вовсе не алюминий, а скандий. Таким образом, **X** – Sc, **A** –  $ScCl_3$ , **B** –  $Sc(OH)_3$ , **C** –  $Sc_2O_3$ , **D** –  $K_3[Sc(OH)_6]$ , **E** –  $ScF_3$ .

Уравнения описанных реакций:

1.  $2Sc + 6HCl \rightarrow 2ScCl_3 + 3H_2\uparrow$
2.  $ScCl_3 + 3NH_3 \cdot H_2O \rightarrow Sc(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl$
3.  $2Sc(OH)_3 \rightarrow Sc_2O_3 + 3H_2O\uparrow$
4.  $Sc(OH)_3 + 3KOH \rightarrow K_3[Sc(OH)_6]$
5.  $ScCl_3 + 3KF \rightarrow ScF_3\downarrow + 3KCl$
6.  $2ScF_3 + 3Ca \rightarrow 2Sc + 3CaF_2$

Названия веществ по ИЮПАК:

- **A** – хлорид скандия (III)
- **D** – гексагидроскандиат (III) калия



<b>Критерии оценивания</b>	
1. Определение металла <b>X</b> Формулы соединений <b>A-E</b>	по 1 баллу по 2 балла
2. Уравнения <i>реакций 1-6</i>	по 1 баллу
3. Названия веществ <b>A</b> и <b>D</b> по номенклатуре ИЮПАК	по 1 баллу
<b>Итого</b>	<b>25 баллов</b>

**Задача 1**

В попытке приготовить раствора X, лаборант Бюреточкин добавил к 200,0 мл 10 %-ного раствора гидроксида калия ( $\rho = 1,092 \text{ г/см}^3$ ) 100,0 мл 25 %-ного раствора того же вещества ( $\rho = 1,239 \text{ г/см}^3$ ).

1. Вычислите массу и объём раствора X, а также массовую долю щёлочи в нём. Считайте, что плотность раствора X равна  $1,139 \text{ г/см}^3$ .

Полученный раствор X лаборант разделил на 6 частей и добавил в них по одному веществу из следующего списка: вода, соляная кислота, цинк, калий, золото, сульфид ртути(II).

2. Для каждого из добавленных веществ укажите, как оно влияет на массовую долю щёлочи в растворе X: увеличивает, уменьшает или оставляет неизменным.

3. Запишите уравнения трёх химических реакций, протекающих при добавлении веществ из списка в раствор X.



## Задача 2

Биологическое разнообразие живых организмов обеспечивается различными органическими молекулами, благодаря которым существует и функционирует всё живое. Основу органических соединений составляют четыре элемента периодической системы – углерод, водород, кислород и азот. О химическом разнообразии бинарных соединений  $X_1 - X_8$ , образованных двумя из них, и пойдёт речь в данной задаче.

В 1904 году известный немецкий химик Фриц Габер при взаимодействии двух простых веществ в присутствии катализатора получил  $X_1$ , которое позволило ему прокормить миллионы людей по всему миру. При окислении  $X_1$  с помощью гипохлорита натрия образуется  $X_2$ , содержащее 87,5% более тяжёлого элемента по массе. Взаимодействие нитрита цезия с  $X_2$  позволяет получить бинарное соединение **A**, содержащее 76,0% цезия по массе. Интересно, что при давлении около 600 тысяч атмосфер **A** способно взаимодействовать с азотом в соотношении 1:1 с образованием **B**. Обработка **A** и **B** избытком концентрированного раствора фосфорной кислоты приводит к легколетучим соединениям  $X_3$  и  $X_4$  соответственно.

Вещества  $X_1$  и  $X_2$  проявляют основные свойства, в то время как  $X_3$  и  $X_4$  являются кислотами. При их попарном взаимодействии возможно образование ряда бинарных соединений  $X_5 - X_8$  с монотонно возрастающей молярной массой.

1. Установите элементы, образующие ряд соединений  $X_1 - X_8$
2. Определите формулы соединений **A**, **B**,  $X_1 - X_8$
3. Приведите химические названия соединений  $X_1 - X_8$

**Задача 3**

С образцом металла **X** в лаборатории провели небольшой эксперимент. Сначала его растворили в соляной кислоте, при этом образовался бесцветный раствор соединения **A** (реакция 1). При добавлении к нему водного раствора аммиака выпадает белый осадок вещества **B** (реакция 2), который при нагревании до высокой температуры превращается в крайне тугоплавкий оксид **C** (реакция 3). Вещество **B** также легко растворяется и в концентрированном растворе едкого кали, при этом образуется бесцветный раствор комплексного соединения **D** (реакция 4).

При добавлении к раствору **A** фторида калия образуется белый осадок соединения **E** (реакция 5), из которого восстановлением металлическим кальцием иногда получают чистый металл (реакция 6).

1. Установите металл **X**. Определите формулы веществ **A – E**, если известно, что для получения 1,00 г металла в теории требуется 2,27 г вещества **E**.
2. Напишите уравнения реакций 1-6.

**Задача 4\***

Студент химического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова Иван Безрукий наконец-то сдал все экзамены. Теперь ему предстояло выбрать направление, которое станет для него родным на ближайшие 3 года. Иван осознал, что ему искренне нравится неорганическая химия, и решил остановиться на ней.

Студент обратился к уважаемому профессору с просьбой быть его научным руководителем. Тот захотел посмотреть на навыки своего потенциального подопечного и предложил ему синтезировать очень капризное соединение **X**.

Для этого Иван собрал специальную камеру, через которую он мог бы пропускать азот, и поместил в нее оранжевое вещество **A**, содержащее 39,7% по массе некоторого металла **M**. Известно, что оно широко используется в химическом синтезе как сильный окислитель. Далее студент добавил в реакционную смесь цинк, концентрированную соляную кислоту и принялся наблюдать. Сначала он увидел, как оранжевый раствор позеленел из-за образования соединения **B** (реакция 1), а затем и вовсе стал голубым (реакция 2), поскольку получилось вещество **C**. После этого Иван взял с полки ацетат натрия и добавил его в камеру. Тут же из голубого раствора начали выпадать ало-красные кристаллы вещества **X** (реакция 3), содержащие 27,6% металла **M** по массе.

1. Определите вещества **X**, **A-C**, а также металл **M**.
2. Напишите уравнения реакций 1–3.
3. Изобразите структурную формулу вещества **X**, зная, что в нем присутствует четверная связь **M-M**.
4. Аналогию с каким предметом обычно используют для описания геометрии вещества **X**?

Иван так обрадовался успешному выполнению синтеза, что резко взмахнул руками в победном жесте. К несчастью, он задел камеру, где проходила реакция. Студент обернулся и увидел, как его красные кристаллы начали неумолимо менять свой цвет, что означало лишь одно — Иван не смог пройти тест на профпригодность.

5. Почему кристаллы соединения **X** начали менять свой цвет?

**ЩЦПМ.Олимпиада. 2025/2026 учебный год.****Химия. 9 класс. Решения задач.****Задача 1**

Масса раствора X равна сумме масс смешанных растворов:

$$m_X = m_{10\% \text{ KOH}} + m_{25\% \text{ KOH}} = 1,092 \frac{\text{г}}{\text{мл}} \cdot 200 \text{ мл} + 1,239 \frac{\text{г}}{\text{мл}} \cdot 100 \text{ мл} = 342,3 \text{ г.}$$

Вычислим объём раствора X, разделив его массу на плотность:

$$V_X = \frac{m_X}{\rho_X} = \frac{342,3 \text{ г}}{1,139 \frac{\text{г}}{\text{мл}}} = 300,53 \text{ мл.}$$

Суммарная масса щёлочи в растворе X может быть вычислена путём сложения массы этого вещества, в каждом из исходных растворов:

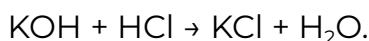
$$m_X(\text{KOH}) = 1,092 \frac{\text{г}}{\text{мл}} \cdot 200 \text{ мл} \cdot 0,1 + 1,239 \frac{\text{г}}{\text{мл}} \cdot 100 \text{ мл} \cdot 0,25 = 52,815 \text{ г.}$$

Рассчитаем массовую долю гидроксида калия в растворе X:

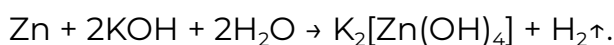
$$\omega_X(\text{KOH}) = \frac{m_X(\text{KOH})}{m_X} = \frac{52,815 \text{ г}}{342,3 \text{ г}} = 0,1543 \text{ (15,43\%).}$$

Добавление воды к раствору X приводит к уменьшению массовой доли гидроксида калия за счёт разбавления. Химическая реакция при этом не протекает.

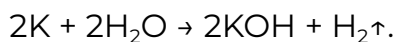
Добавление соляной кислоты к раствору X приводит к уменьшению массовой доли KOH за счёт протекания реакции нейтрализации:



Добавление цинка к раствору X приводит к уменьшению массовой доли KOH за счёт образования тетрагидроксоцинкат(II)-иона:



Добавление калия к раствору X приводит к увеличению массовой доли KOH за счёт образования дополнительной щёлочи:



Добавление золота и сульфида ртути(II) не влияет на массовую долю KOH, поскольку эти вещества не растворяются в этой системе.

<b>Критерии оценивания</b>	
1. Расчёт массы и объёма <u>раствора X</u>	по 2 балла
Расчёт массового содержания щёлочи в <u>растворе X</u>	3 балла



2. Влияние каждого из веществ на массовую долю КОН в растворе X	по 2 балла
3. Уравнения описанных реакций	по 2 балла
<b>Итого</b>	<b>25 баллов</b>

### Задача 2

Двумя элементами, входящими в состав соединений  $X_1 - X_8$ , согласно условию задачи могут являться углерод, водород, кислород и азот. Поскольку вещества  $X_1$  и  $X_2$  проявляют основные свойства, а  $X_3$  и  $X_4$  являются кислотами, предположим, что один из элементов – это водород. На роль второго наиболее вероятно подходит азот, поскольку при взаимодействии водорода с азотом действительно образуется аммиак  $X_1 - NH_3$ , являющийся слабым основанием.

Исходя из массовой доли азота, несложно определить, что простейшей формуле вещества  $X_2$  соответствует фрагмент  $-NH_2$ :

$$n(N):n(H) = \frac{\omega(N)}{M(N)} : \frac{\omega(H)}{M(H)} = \frac{0,875}{14} : \frac{0,125}{1} = 0,0625 : 0,125 = 1 : 2.$$

Поскольку валентность азота должна быть равна трём, вещество  $X_2$  представляет собой гидразин  $N_2H_4$ .

При взаимодействии нитрита цезия с гидразином образуется бинарное соединение цезия и азота, содержащее 76,0% металла по массе:

$$n(Cs):n(N) = \frac{0,76}{133} : \frac{0,24}{14} = 5,714 \cdot 10^{-3} : 17,143 \cdot 10^{-3} = 1 : 3.$$

Данному соотношению удовлетворяет азид цезия **A** –  $CsN_3$ , а его продуктом реакции с азотом в соотношении 1:1 является пентазолят цезия **B** –  $CsN_5$ . Тогда веществами  $X_3$  и  $X_4$  соответственно являются азидоводородная кислота  $HN_3$  и пентазол (1H-пентазол)  $HN_5$ .

Продуктами  $X_5 - X_8$  взаимодействия веществ  $X_1 - X_4$  являются:

	$NH_3$	$N_2H_4$
--	--------	----------



$\text{HN}_3$	$\text{X}_5 - \text{NH}_4\text{N}_3$	$\text{X}_6 - \text{N}_2\text{H}_5\text{N}_3$
$\text{HN}_5$	$\text{X}_7 - \text{NH}_4\text{N}_5$	$\text{X}_8 - \text{N}_2\text{H}_5\text{N}_5$

Критерии оценивания	
1. Установление элементов, входящих в состав $\text{X}_1 - \text{X}_8$	по 1 баллу
2. Определение формул веществ $\text{A} - \text{B}, \text{X}_1 - \text{X}_8$	по 2 балла
3. Написание названий соединений $\text{X}_1 - \text{X}_3$	по 1 баллу
<b>Итого</b>	<b>25 баллов</b>

### Задача 3

Большинство химических фактов, представленных в условии задачи позволяют сделать выбор в пользу алюминия. Подтвердим или опровергнем своё предположение с помощью расчёта. Составим уравнения описанных химических превращений, обозначив неизвестный металл за **X**. На первой стадии при его растворении в соляной кислоте образуется хлорид  $\text{XCl}_3$ , который далее под действием водного аммиака превращается в гидроксид  $\text{X(OH)}_3$ , при термическом разложении которого образуется оксид  $\text{X}_2\text{O}_3$ . При растворении  $\text{X(OH)}_3$  в концентрированном растворе гидроксида калия образуется гидроксиокомплекс  $\text{K}_3[\text{X(OH)}_6]$ . Добавление фторида калия к хлориду позволяет получить малорастворимый  $\text{XF}_3$ , из которого кальцийтермией получают сам металл **X**. Приравняв друг к другу количества металла и фторида, рассчитаем молярную массу **X**:

$$n(\text{XF}_3) = n(\text{X})$$

$$\frac{m(\text{XF}_3)}{M(\text{X}) + 3M(\text{F})} = \frac{m(\text{X})}{M(\text{X})}$$

$$\frac{2,27 \text{ г}}{M(\text{X}) + 57 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = \frac{1,00 \text{ г}}{M(\text{X})}$$

$$M(\text{X}) = 44,88 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$



Данной молярной массе соответствует вовсе не алюминий, а скандий. Таким образом, **X** – Sc, **A** – ScCl<sub>3</sub>, **B** – Sc(OH)<sub>3</sub>, **C** – Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, **D** – K<sub>3</sub>[Sc(OH)<sub>6</sub>], **E** – ScF<sub>3</sub>.

Уравнения описанных реакций:

1.  $2\text{Sc} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{ScCl}_3 + 3\text{H}_2\uparrow$
2.  $\text{ScCl}_3 + 3\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Sc(OH)}_3\downarrow + 3\text{NH}_4\text{Cl}$
3.  $2\text{Sc(OH)}_3 \rightarrow \text{Sc}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}\uparrow$
4.  $\text{Sc(OH)}_3 + 3\text{KOH} \rightarrow \text{K}_3[\text{Sc(OH)}_6]$
5.  $\text{ScCl}_3 + 3\text{KF} \rightarrow \text{ScF}_3\downarrow + 3\text{KCl}$
6.  $2\text{ScF}_3 + 3\text{Ca} \rightarrow 2\text{Sc} + 3\text{CaF}_2$

Названия веществ по ИЮПАК:

- **A** – хлорид скандия (III)
- **D** – гексагидроскандиат (III) калия

Критерии оценивания	
1. Определение металла <b>X</b> Формулы соединений <b>A-E</b>	по 1 баллу по 2 балла
2. Уравнения реакций 1-6	по 1 баллу
3. Названия веществ <b>A</b> и <b>D</b> по номенклатуре ИЮПАК	по 1 баллу
<b>Итого</b>	<b>25 баллов</b>

#### Задача 4\*

Исходя из описания предположим, что оранжевое вещество, которое проявляет сильные окислительные свойства, содержит анион Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>. Тогда неизвестный металл **M** — **Cr**. Рассчитаем молярную массу вещества **A**:

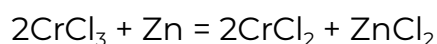
$$M(A) = \frac{2 \cdot M(\text{Cr})}{\omega(\text{Cr})} = \frac{2 \cdot 52 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{0,397} = 262 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Молярная масса остатка (за вычетом дихромат-иона) составляет 46 г/моль, что соответствует 2 атомам натрия. Следовательно, вещество **A** — Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.

При добавлении цинка и соляной кислоты будет протекать последовательное восстановление сначала до вещества **B** — CrCl<sub>3</sub>, имеющего зеленый цвет:



А после этого образуется голубой раствор вещества **C** — CrCl<sub>2</sub>:





Рассчитаем молярную массу соединения **X**. Внимательно прочитаем пункт 2 и заметим, что в соединении присутствует четверная связь Cr-Cr. Поэтому в соединении **X** содержится как минимум два хрома в степени окисления +2:

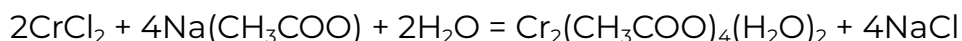
$$M(X) = \frac{2 \cdot M(\text{Cr})}{\omega(\text{Cr})} = \frac{2 \cdot 52 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{0,276} = 376 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Для того, чтобы компенсировать заряд от двух атомов Cr в степени окисления +2, необходимо четыре ацетат-аниона.

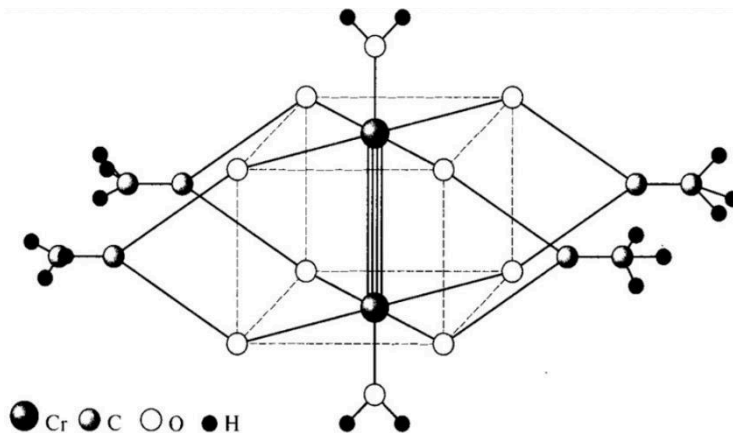
$$\begin{aligned} M(\text{остатка}) &= M(X) - 2 \cdot M(\text{Cr}) - 4 \cdot M(\text{CH}_3\text{COO}) = \\ &= 376 \frac{\text{г}}{\text{моль}} - 2 \cdot 52 \frac{\text{г}}{\text{моль}} - 4 \cdot 59 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 36 \frac{\text{г}}{\text{моль}}. \end{aligned}$$

Молярная масса остатка (за вычетом дихромат-иона) составляет 36 г/моль, что соответствует 2 молекулам воды. Тогда формула вещества **X** — **Cr<sub>2</sub>(CH<sub>3</sub>COO)<sub>4</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>**.

Уравнение реакции получения дигидрата ацетата хрома (II):



Структурная формула дигидрата ацетата хрома (II):



За внешнее сходство с одноименным предметом ацетат двухвалентного хрома и родственные ему соединения принято называть **китайскими фонариками**.

Дигидрат ацетата хрома (II) очень легко окисляется на воздухе, меняя свой цвет на зеленый. По этой причине его традиционно использовали для проверки аккуратности студентов, решивших связать свою жизнь с неорганической химией. Иван задел камеру, нарушив ее герметичность, следовательно, в реакционный сосуд попал кислород. Теперь выделить необходимое вещество не удастся.



<b>Критерии оценивания</b>	
1. Определение формулы вещества <b>X</b> Определение формул веществ <b>A-C, M</b>	5 баллов по 2 балла
2. Уравнения <i>реакций 1-3</i>	по 2 балла
3. Определение структурной формулы вещества <b>X</b>	3 балла
4. Указание на китайский фонарик	1 балл
5. Объяснение причины изменения цвета <b>X</b>	2 балла
<b>Итого</b>	<b>25 баллов</b>