



Республиканская олимпиада юниоров по химии

Заключительный этап

2025-2026

Дорогой друг!

Мы очень рады, что ты решил проявить себя в олимпиадном движении по химии. Это увлекательный путь к самосовершенствованию, развитию своего кругозора и лучшему пониманию мира, в котором мы живём.

Обратите внимание: решение каждой задачи оформляется на выданных Вам листках, также не забудьте указать номер задачи в решение которой вы приводите. Пишите разборчиво и будьте внимательны: учитывайте, что именно от вас требуется в вопросе; не забывайте о подтверждении расчетами, где это требуется. Будьте уверены, каждый из вас может решить какую-то часть задачи. При возникновении трудностей переходите к следующим заданиям – вернетесь в конце, если у вас останется время.

Желаем вам интересной олимпиады и плодотворного участия!



Задача 1. Тимер бесэй

*Девушка, раньше я был котёнком
и жил в Воронеже, на улице Лизюкова.*

На севере Воронежа находится замечательный памятник котёнку Василию – герою одноимённого советского мультфильма «Котёнок с улицы Лизюкова» режиссера Вячеслава Котёночкина. С целью защитить от вандализма памятник, ставший одним из символов Воронежа, в 2012 году скульптурная группа, выполненная изначально из дюралюминия, была заменена на аналог из нержавеющей стали (сплава железа с углеродом).



Предположим, что мы решили сделать литую (заполненную изнутри) стальную копию кошки. Для этого была использована сталь с массовой долей железа $\omega(\text{Fe}) = 98\%$ и плотностью $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$.

В эксперименте по определению объёма кошки весы показали следующее: масса человека без кота равна 83,3 кг, а с котом – 87,4 кг. Так как кошки, как и мы, примерно на 80% состоят из воды, то можем принять, что их плотность равна плотности воды (1000 кг/м^3).

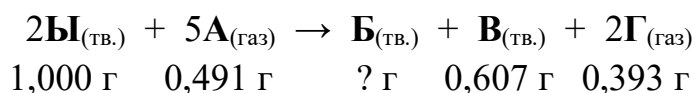
1. Исходя из данных эксперимента, вычислите объём кошки в м^3 .
2. Какая масса чистого железа в кг необходима для создания стальной копии кошки? Какая масса (кг) стали соответствует этой массе железа?

Но железо ещё нужно добыть. Рассмотрим четыре содержащих его минерала. В таблице ниже указаны дополнительные данные для расчета свойств соединений, из которых в основном состоят минералы. Все они содержат кислород в составе, а три из них – ещё один элемент, различный для каждого.

Название минерала	Количество атомов железа	Массовая доля железа, %	Массовая доля третьего элемента, %
Магнетит	3	72,41	–
Сидерит	1	48,28	10,34
Лимонит	1	62,92	1,12
Фаялит	2	54,90	13,73

3. Исходя из этих данных, рассчитайте молярную массу в г/моль для каждого из соединений. Приведите расчёты.
4. Определите третий элемент в каждом из веществ. Ответ обоснуйте. Известно, что во всех соединениях содержится не более 7 атомов.
5. Установите формулы веществ, обосновав ответ расчётами.
6. Какая масса руды магнетита в кг потребуется для создания копии кошки? Учтите, что в минерале содержится также 10% нежелезных примесей.
7. Железо в соединениях в основном проявляет степени окисления +2 и +3. Укажите, в какой (или каких) степенях окисления присутствует железо в каждом из минералов.

Арсенопирит (**Б**) – ещё один трёхэлементный минерал железа, не содержащий кислород. Его образец массой 1.000 г прореагировал с простым веществом **А**. Уравнение этой реакции с коэффициентами и массами веществ следующее:



Известно, что **Б** содержит 3 атома.

8. Определите вещество **А**, если известно, что качественный состав **Б** и магнетита – одинаковый (состоят из тех же элементов).
9. Найдите неизвестную массу (? г). Приведите расчёты.
10. Рассчитайте молярные массы **Б**, **В** – **Г**. Определите их формулы. Приведите свои вычисления.
11. Назовите еще один известный Вам сплав железа.

Задача 2. «Зебра-5»

В химической лаборатории проводили опыты пять студентов: Алексей, Борис, Виктория, Григорий и Дарья. Они работали с пятью веществами: алюминий, медь, железо, цинк и сера.

На эти вещества действовали пятью реактивами: разбавленной соляной кислотой, концентрированной азотной кислотой, кислородом, раствором гидроксида натрия и раствором сульфата меди (II).

Во время опытов студенты наблюдали пять признаков реакций: выделение пузырьков газа на поверхности металла, образование твердого вещества (осадка), изменение цвета раствора, полное растворение металла с образованием бесцветного газа и синее пламя. *Кроме перечисленных, у реакций могут быть и другие признаки.*

Студент	Вещество	Реактив	Признак
Алексей			
Борис			
Виктория			
Григорий			
Дарья			

Подсказки:

- 1) Неметалл не участвовал в реакциях с кислотами.
- 2) Студент, работавший с азотной кислотой, наблюдал изменение цвета.
- 3) Алексей не использовал кислоты.
- 4) Реакция с железом протекала с образованием твердого вещества.
- 5) Борис не использовал неметаллы в своем опыте.
- 6) Алюминий взаимодействовал с веществом, молярная масса которого соответствует порядковому номеру циркония Zr.
- 7) Виктория не использовала сложные вещества в своем опыте.
- 8) Григорий наблюдал образование простого твердого вещества рыжего цвета.
- 9) Цинк не растворился до конца в результате опыта и не реагировал с основаниями.
- 10) Опыт Дарьи необходимо было проводить строго под вытяжкой.

1. Ваша задача – по подсказкам выше заполнить таблицу соответствия и восстановить картину событий в лаборатории. *В ответе укажите пять соответствий: студент – вещество – реактив – признак.*
2. Запишите уравнения реакций пяти проведенных опытов.
3. Ответьте на вопросы:
 - а) Назовите три дополнительных признака, которые проявляются в опытах Алексея, Виктории и Дарьи (*по одному для каждого опыта*).
 - б) Как называется явление, когда металл может реагировать и с кислотами, и с щелочами? Какие из металлов из задачи могут проявлять данное свойство?

Задача 3. Ископаемые сокровища

Земли Республики Башкортостан крайне богаты на полезные ископаемые. Кроме широко известных залежей нефти, угля, горючих сланцев, каменной соли и меловых отложений, в Башкирии разрабатываются месторождения многих металлов, среди которых – металлы **А** и **Б**. Их крупные залежи находятся в Учалинском, Абзелиловском и Хайбуллинском районах, причем металл **Б** сопутствует металлу **А**. Давайте познакомимся с их химией и применением поближе.

Металл **А** – один из первых металлов, который был освоен человеком, по сей день он остается одним из важнейших в нашей жизни.

Больше всего металл **А** применяется в электротехнике, благодаря своему низкому удельному сопротивлению, уступающему лишь серебру. Из **А** изготавливают провода, силовые кабели, при помощи этого металла производят печатные платы, без него тяжело представить любой электродвигатель. Кроме того, металл **А** обладает высокой теплопроводностью и механической прочностью, что позволяет применять его в теплоотводных и теплообменных устройствах; из него изготавливают трубы для систем газо- и водоснабжения. Нельзя не упомянуть и его сплавы с другими металлами, к примеру, с оловом, из которых отливают статуи, детали для автомобилей и гильзы для различных боеприпасов.

Металл **А** реагирует с кислородом при нагревании, образуя при недостатке газа вещество **А₁** (реакция 1), и вещество **А₂** при избытке (реакция 2). В присутствии влаги и углекислого газа на воздухе металл превращается в **А₃** (реакция 3). Кроме того, **А** может реагировать с хлором (реакция 4), бромом (реакция 5) и иодом (реакция 6) при комнатной температуре, образуя соответствующие галогениды **А₄-А₆**. При нагревании **А** может реагировать с серой, образуя **А₇** (реакция 7). Необходимо заметить, что в веществах **А₆** и **А₇** степень окисления металла такая же, как и в соединении **А₁**.

Металл **Б** так же известен человечеству с незапамятных времен, а его выплавка – первый из известных металлургических процессов.

Основное применение металла **Б** – производство аккумуляторных батарей для автомобильной промышленности: около 86% всего используемого **Б** направляется именно для этой цели. Металл **Б** также хорошо поглощает гамма- и рентгеновское излучение, поэтому он используется для радиационной защиты в рентген-аппаратах и ядерных реакторах. Кроме того,

этот металл издавна применялся для производства пуль, а его сплав с тем же оловом незаменим при пайке электросхем.

Широко применяются и различные соединения металла **Б**. К примеру, вещество **Б₁**, представляющее собой нерастворимый белый порошок, с древних времен и по сей день применяется как пигмент. Его синтез довольно прост: на сульфид **Б₂**, в котором металл находится в промежуточной степени окисления, действуют концентрированной серной кислотой (*реакция 8*), получая **Б₁**, а в качестве побочных продуктов – воду и газ с запахом жженных спичек. Взаимодействием гидроксида **Б₃** с азотной кислотой можно получить соль **Б₄** (*реакция 9*), которая применяется в производстве взрывчатых веществ и, благодаря хорошей растворимости, для синтеза прочих соединений металла **Б**. Например, с помощью **Б₄** можно провести красивый демонстративный опыт «золотой дождь», если прилить к нему раствор иодида калия (*реакция 10*). Образующееся при этом желтое вещество **Б₅**, также применяемое как пигмент, постепенно выпадает в осадок по всему объему сосуда.

1. Определите металлы **А** и **Б**, а так же вещества **А₁ – А₇** и **Б₁ – Б₅**.
Дополнительно известно, что массовые доли кислорода в соединениях **А₁**, **А₂** и **Б₁** составляют 11,8%, 36,2% и 21,1% соответственно.
2. Напишите уравнения всех описанных реакций.
3. Приведите по одному названию сплавов металлов из задачи с оловом.

Задача 4. Газовая смесь

Твердую смесь, состоящую из двух солей – **А** и **Б**, а так же черного бинарного вещества **В**, содержащего 36,8% масс. кислорода, нагрели до 200 °С в тигле, закрытым крышкой с газоотводной трубкой (*реакция 1*). Образующуюся при разложении смесь газов собрали и сразу же последовательно пропустили через три сорбента (поглотителя):

- 1) Трубка с безводным хлоридом кальция. После пропускания смеси газов масса трубки увеличилась на **3,6 г**;
- 2) Промывная склянка с раствором соляной кислоты (*реакция 2*);
- 3) Промывная склянка с раствором гидроксида калия (*реакция 3*). После пропускания смеси газов масса склянки увеличилась на **8,8 г**.

В результате три из четырех газов смеси были полностью поглощены. Оставшийся газ, поддерживающий горение, остудили и замерили его объем при н.у. – он составил **4,48 л**.

Содержимое тигля после нагревания частично растворилось в воде. Раствор пропустили через фильтр, после чего прилили к нему избыток раствора нитрата серебра AgNO_3 (реакция 4), в результате чего выпал белый творожистый осадок массой **19,13 г**. Нерастворившееся вещество, оставшееся на фильтре, оказалось веществом **В**, не претерпевшем никаких изменений в ходе опыта.

1. Определите формулы веществ **А**, **Б** и **В**, если дополнительно известно, что суммарная масса солей **А** и **Б** в исходной смеси составляла 32,1 г, а массовая доля кислорода в соли **А** составляет 39,2%.
Ответ подтвердите расчетами.
2. Какую роль выполняло вещество **В** в ходе опыта?
3. Приведите тривиальное название вещества **А**.
4. Определите формулы газов, присутствовавших в газовой смеси. Рассчитайте количество вещества (моль) каждого из них.
5. Объясните, почему увеличилась масса трубки с хлоридом кальция.
6. Напишите уравнения реакций 1-4.

Решение задачи 1.

1. Для начала найдем массу кошки:

$$m_k = m_{чк} - m_ч = 87,4 - 83,3 = 4,1 \text{ кг}$$

Теперь посчитаем объем кошки:

$$V_k = \frac{m_k}{\rho} = \frac{4,1}{1000} = 0,0041 \text{ м}^3.$$

2. Теперь найдем массу стали, необходимой для отливки копии кошки исходя из данной плотности стали:

$$m_{ст} = \rho_{ст} \cdot V_k = 7800 \cdot 0,0041 = 31,98 \text{ кг}$$

Найдем массу чистого железа, используя массовую долю железа в стали:

$$m(\text{Fe}) = 0,98 \cdot 31,98 = 31,34 \text{ кг}.$$

3. Найдем молярные массы для каждого из соединений. Магнетит:

$$\frac{3 \cdot 55,85}{M} = 0,7241 \Rightarrow M = \frac{167,55}{0,7241} = 231,4 \text{ г/моль}.$$

Сидерит:

$$M = \frac{55,85}{0,4828} = 115,7 \text{ г/моль}$$

Лимонит:

$$M = \frac{55,85}{0,6292} = 88,8 \text{ г/моль}$$

Фаялит:

$$M = \frac{55,85 \cdot 2}{0,5490} = 203,6 \text{ г/моль}$$

4. Теперь определим третий элемент для каждого из соединений. Сидерит:
 $\omega(\text{X}) = 10,34\% \Rightarrow m_x = 0,1034 \cdot 115,7 = 12$. Атомная масса в 12 соответствует углероду С.

Лимонит:

$$m_x = 0,0112 \cdot 88,8 = 1. \text{ Атомная масса в 1 соответствует водороду H.}$$

Фаялит:

$$m_x = 0,1373 \cdot 203,6 = 28. \text{ Атомная масса в 28 соответствует кремнию Si.}$$

5. Формулы минералов:

$$\text{Магнетит} - \text{Fe}_3\text{O}_4, \omega(\text{Fe}) = \frac{55,85 \cdot 3}{55,85 \cdot 3 + 16 \cdot 4} = 72,41\%$$

$$\text{Сидерит} - \text{FeCO}_3, \omega(\text{Fe}) = \frac{55,85}{55,85 + 12 + 16 \cdot 3} = 48,28\%$$

$$\text{Лимонит} - \text{FeO}(\text{OH}), \omega(\text{Fe}) = \frac{55,85}{55,85 + 16 \cdot 2 + 1} = 62,92\%$$

$$\text{Фаялит} - \text{Fe}_2\text{SiO}_4, \omega(\text{Fe}) = \frac{55,85 \cdot 2}{55,85 \cdot 2 + 28 + 16 \cdot 4} = 54,90\%$$

6. Для отлива копии необходимо 31,36 кг чистого железа. Исходя из массовой доли железа в магнетите найдем массу чистого магнетита:

$$m = \frac{31,36}{0,7241} = 43,3 \text{ кг. С учетом 10\% примесей, масса руды составит:}$$

$$m_{\text{руды}} = \frac{43,3}{0,9} = 48,1 \text{ кг}$$

7. Магнетит: + 2 и +3

Сидерит: +2

Лимонит: +3

Фаялит: +2

8. На состав минерала **Ы** намекает его название, согласно которому он содержит, кроме железа, мышьяк и серу. Так как сказано, что **Ы** содержит в себе 3 атома, его формула – FeAsS. При взаимодействии минерала с простым веществом **А** образуется вещество **Б** одинакового качественного состава с магнетитом, то есть **Б** – один из оксидов железа. Поскольку **Ы** не содержит в своем составе кислорода, то **А** – кислород O₂.

9. Арсенопирит взаимодействует с кислородом по следующему уравнению реакции:



Даже если не получилось сразу определить **Ы**, можно найти неизвестную массу по закону сохранения масс:

$$1 + 0,491 = m(\text{Б}) + 0,607 + 0,393, \text{ откуда неизвестная масса:}$$

$$m(\text{Б}) = 1,491 - 1 = 0,491 \text{ г.}$$

10. Найдем молярную массу **Ы**, исходя из знания о том, что **А** – кислород:

$$n(\text{А}) = \frac{0,491}{32} = 0,01534 \text{ моль}$$

$$n(\text{Ы}) = \frac{2}{5}n(\text{А}) = 0,00614 \text{ моль}$$

$$M(\text{Ы}) = \frac{1}{0,00614} = 163 \text{ г/моль}$$

$n(\text{Б}) = \frac{1}{2}n(\text{Ы})$ по уравнению реакции. Значит:

$$M(\text{Б}) = \frac{0,491}{0,00614/2} = 160 \text{ г/моль, что соответствует молярной массе оксида железа (III).}$$

$n(\text{Г}) = n(\text{Ы})$ по уравнению реакции. Значит:

$$M(\text{Г}) = \frac{0,393}{0,00614} = 64 \text{ г/моль. Газ с такой молярной массой называется только один – оксид серы (IV) SO}_2.$$

$n(\text{В}) = \frac{1}{2}n(\text{Ы})$ по уравнению реакции. Значит:

$$M(\text{В}) = \frac{0,607}{0,00614/2} = 197,8 \text{ г/моль.}$$

Найдем третий элемент в **Ы**:

$$A_r = 163 - 32 - 55,85 = 75, \text{ что соответствует атомной массе мышьяка. Значит, вещество В – оксид мышьяка (III) As}_2\text{O}_3, \text{ а минерал Ы – арсенопирит FeAsS.}$$

11. Самый популярный сплав железа после стали – чугун. Также можно упомянуть алфер, ални, платинит и др.

Система оценивания:

1. За массу и объем кошки – по 1 баллу	2 балла
2. За массы стали и железа – по 1 баллу	2 балла
3. За молярные массы – по 0,25 балла	1 балл
4. За элементы – по 1 баллу	3 балла
5. За формулы минералов – по 1 баллу	4 балла
6. За массы минерала и руды – по 1 баллу	2 балла
7. За степени окисления – по 0,5 балла	2 балла
<i>Неправильные степени окисления в магнетите, но указание на наличие +2 или +3 оценивается половиной – 0,25 балла</i>	
8. Формула А	1 балл
9. Масса Б	1 балл
10. Молярные массы – по 0,5 балла	6 баллов
Формулы – по 1 баллу	
11. Название сплава	1 балл
ИТОГО	25 баллов

Решение задачи 2.

1. Решение задачи стоит начать с помощью подсказки 7 – Виктория не использовала сложные вещества в своем опыте. Значит, она могла использовать только один реактив – кислород. Кислород может реагировать с несколькими веществами из списка, но единственный вариант, при котором может наблюдаться один из перечисленных признаков – сера (синее пламя). Значит, появляется первое соответствие:

Виктории – сера – кислород – синее пламя

Далее смотрим на подсказку 8 – Григорий наблюдал образование простого вещества рыжего цвета. Это определенно соответствует образованию меди, которая может образоваться в виде налета при взаимодействии железа и сульфата меди (II) или при взаимодействии цинка и сульфата меди (II). В подсказке 4 сказано, что реакция с железом протекала с образованием твердого вещества, а это могло быть в двух случаях – с медью и с гидроксидом натрия. Однако гидроксид натрия реагировал с алюминием (из подсказки 6), поэтому второе соответствие:

Григорий – железо – сульфат меди (II) – образование осадка

Подсказка 10 – опыт Дарьи необходимо проводить строго под вытяжкой. Таких реакций в задаче всего две – сгорание серы и взаимодействие меди с азотной кислотой. Поскольку мы уже определили, что сгорание серы проводила Виктория, то у Дарьи остается только второй вариант, который дополнительно подтверждается подсказкой 2. Значит, третье соответствие:

Дарья – медь – азотная кислота – изменение цвета раствора

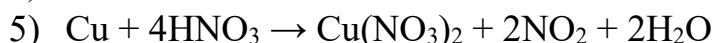
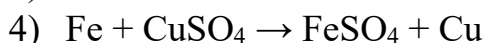
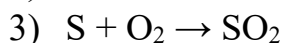
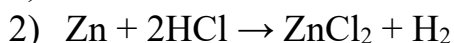
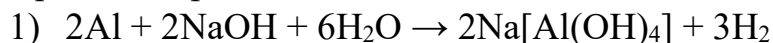
В подсказке 3 сказано, что Алексей не использовал кислоты, а значит, он использовал второй из оставшихся реактивов – гидроксид натрия. Значит, четвертое и пятое соответствия:

Алексей – алюминий – гидроксид натрия – растворение металла

Борис – цинк – соляная кислота – образование пузырьков газа

Возможна и другая логика рассуждений, приводящая к тому же ответу.

2. Уравнения реакций:



Если указаны верные продукты, но неверные коэффициенты, балл снижается наполовину.

3. Дополнительные признаки – **изменение pH, помутнение раствора, потемнение металла** для Алексея, **появление запаха** жженных спичек для Виктории, **выделение бурого газа** для Дарьи.

Принимаются любые другие разумные варианты признаков.

Явление, при котором металлы могут реагировать и с кислотами, и с щелочами называется амфотерностью. **Цинк** и **алюминий** из задачи обладают ярковыраженными амфотерными свойствами.

Система оценивания:

- | | |
|--|------------------|
| 1. За каждое верное соответствие – по 2 балла | 10 баллов |
| 2. За каждое верное уравнение реакции – по 2 балла | 10 баллов |
| 3. За каждый верный ответ – по 1 баллу | 5 баллов |

ИТОГО

25 баллов

Решение задачи 3.

1. Исходя из подсказок, данных в задаче в 3 абзаце (самая явная – о производстве проводов и кабелей), а также химических свойств, описанных в 4 абзаце, можно предположить, что вещество **A** – это медь **Cu**.

Тогда вещество **A₁** – это оксид меди (I) **Cu₂O**. Подтвердим расчетом:

$$\omega(\text{O}) = \frac{16}{16+63,5 \cdot 2} \cdot 100\% = 11,8\%, \text{ что соответствует условию задачи.}$$

Значит, вещество **A₂**, образующееся при избытке кислорода – оксид меди (II) **CuO**, а в присутствии влаги и углекислого газа медь окисляется до вещества **A₃** - малахита **(CuOH)₂CO₃**. Медь реагирует с галогенами при комнатной температуре, образуя вещества **A₄-A₆** – хлорид меди (II) **CuCl₂**, бромид меди (II) **CuBr₂** и иодид меди (I) **CuI**. При взаимодействии с серой образуется сульфид меди (I) **Cu₂S** – вещество **A₇**.

Единственный металл, огромные объемы которого идут на производство аккумуляторов для автомобилей и при этом поглощающий излучение – свинец Pb. Предположим, что он является металлом Б, тогда нерастворимый белый порошок Б₁ – это сульфат свинца (II) PbSO₄. Проверим массовую долю кислорода в нем:

$$\omega(O) = \frac{16 \cdot 4}{16 \cdot 4 + 32 + 207} \cdot 100\% = 21,1\%, \text{ что соответствует условию задачи.}$$

Значит, вещество Б₂, на которое действуют концентрированной серной кислотой с получением Б₁ – сульфид свинца (II) PbS, гидроксид Б₃ – гидроксид свинца (II) Pb(OH)₂, а соли Б₄ и Б₅ – нитрат свинца (II) Pb(NO₃)₂ и иодид свинца (II) PbI₂ соответственно.

2. Уравнения реакций:

- 1) $4\text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cu}_2\text{O}$
- 2) $2\text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuO}$
- 3) $2\text{Cu} + \text{O}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CuOH})_2\text{CO}_3$
- 4) $\text{Cu} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CuCl}_2$
- 5) $\text{Cu} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CuBr}_2$
- 6) $2\text{Cu} + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{CuI}$
- 7) $2\text{Cu} + \text{S} \rightarrow \text{Cu}_2\text{S}$
- 8) $\text{PbS} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 9) $\text{Pb}(\text{OH})_2 + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 10) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{KI} \rightarrow \text{PbI}_2 + 2\text{KNO}_3$

Если указаны верные продукты, но неверные коэффициенты, балл снижается наполовину.

3. Сплав меди с оловом называется **бронзой**, а сплав свинца и олова – **припоем**.

Система оценивания:

- | | |
|--|------------------|
| 1. За каждое верное вещество – по 1 баллу | 14 баллов |
| 2. За каждое верное уравнение реакции – по 1 баллу | 10 баллов |
| 3. За каждое название сплава – по 0,5 балла | 1 балл |

ИТОГО

25 баллов

Решение задачи 4.

1. Для определения веществ **А-В** внимательно рассмотрим в сорбенты, которыми поглощали определенные газы из смеси. С помощью безводного хлорида натрия поглощают **воду** H₂O, которая в условиях эксперимента находится в виде пара. При помощи соляной кислоты поглощают основной газ аммиак – NH₃, а при помощи щелочей поглощают углекислый газ CO₂. Оставшийся газ поддерживает горение и не поглотился ни одним из сорбентов, что прямо указывает на кислород O₂.

Итак, имеем газовую смесь H_2O , NH_3 , CO_2 и O_2 , черное бинарное вещество **В**, не изменившееся в ходе опыта, и белый творожистый осадок – хлорид серебра AgCl после взаимодействия фильтрата с раствором нитрата серебра. Значит, соли **А** и **Б** содержали в себе кроме всего прочего аммонийную группу, а после разложения одна из них перешла в хлорид, прореагировавший с нитратом серебра.

Аммиак, воду и углекислый газ при термическом разложении дают две соли – карбонат и гидрокарбонат аммония, а вещество **В** и наличие хлорид-ионов в остатке после прокаливания намекают на то, что вещество **А** – хлорат калия KClO_3 , а вещество **В** – катализатор его разложения оксид марганца (IV) MnO_2 . Проверим соль **А** по массовой доле кислорода:

$$\omega(\text{O}) = \frac{16 \cdot 3}{16 \cdot 3 + 39 + 35,5} \cdot 100\% = 39,2\%, \text{ что совпадает с условием.}$$

Проверим вещество **В** таким же образом:

$$\omega(\text{O}) = \frac{16 \cdot 2}{16 \cdot 2 + 54,9} \cdot 100\% = 36,8\%, \text{ что совпадает с условием.}$$

Теперь определим соль **Б**. Так как количество кислорода, полученного при разложении хлората калия:

$$n(\text{O}_2) = \frac{4,48}{22,4} = 0,2 \text{ моль, то количество разложившегося хлората калия,}$$

$$n(\text{KClO}_3) = \frac{2}{3} n(\text{O}_2) = 0,133 \text{ моль}$$

Найдем его массу:

$$m(\text{KClO}_3) = 0,133 \cdot 122,5 = 16,3 \text{ г.}$$

Предположим, что вещество **Б** – гидрокарбонат аммония NH_4HCO_3 . При его разложении образовалось 3,6 г воды, а значит, количество соли равно:

$$n(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{3,6}{18} = 0,2 \text{ моль}$$

Тогда масса гидрокарбоната аммония была равна:

$$m(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 0,2 \cdot 79 = 15,8 \text{ г.}$$

Проверим сумму масс солей:

$m(\text{сумм}) = 15,8 + 16,3 = 32,1 \text{ г}$, что совпадает с условием. Значит, наше предположение оказалось верным, а в случае с карбонатом аммония суммарная масса солей была бы другой.

Без подтверждения расчетами ставится половина от возможного балла.

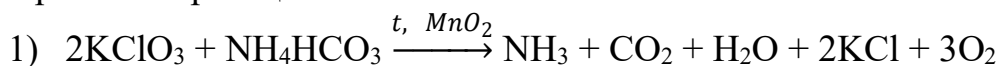
2. Как было сказано выше, вещество **В** – MnO_2 выполняло **функцию катализатора** – вещества, ускоряющего скорость реакции, но само в ней не участвующего. Дополнительно использование оксида марганца (IV) позволяет снизить температуру разложения хлората калия с 600 до 200 °С.
3. Тривиальное название хлората калия KClO_3 – **бертолетова соль**.
4. Формулы солей мы определили в п.1, теперь определим их количества:

$$n(\text{O}_2) = 0,2 \text{ моль}$$

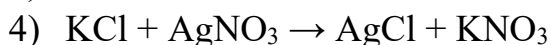
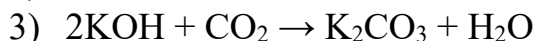
$$n(\text{NH}_3) = n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CO}_2) = n(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 0,2 \text{ моль.}$$

5. Масса трубки с хлоридом кальция увеличилась за счет поглощения воды, поскольку безводный хлорид кальция – крайне гигроскопичное вещество.

6. Уравнения реакций:



Принимается запись этой реакции в виде двух отдельных реакций разложения солей. В таком случае каждая оценивается в 0,5 балла.



Если указаны верные продукты, но неверные коэффициенты, балл снижается наполовину.

Система оценивания:

1. Определение веществ А и Б – по 2 балла	7 баллов
Определение вещества В – 3 балла	
2. Роль вещества В	2 балла
3. Тривиальное название А	2 балла
4. За каждую формулу газа – по 1 баллу	8 баллов
За каждое количество газов – по 1 баллу	
5. Объяснение, касающееся поглощения воды хлоридом кальция	2 балла
6. Уравнения реакций – по 1 баллу	4 балла
ИТОГО	25 баллов