

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
РЕГИОНАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ

**КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ
ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА
для 7-8 классов муниципального этапа всероссийской олимпиады
школьников по химии
2025 - 2026 учебный год**

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы (7-8 классы) определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 100 баллов.

ЗАДАНИЕ 1 Решение

Ниже приводится отрывок из работы, написанной в позапрошлом веке.

*«Металлом называется светлое тело, которое ковать можно. Таких тел находим только шесть: **А**, **Б**, **В**, **Г**, **Д** и **Е**. Разделяются на высокие и простые металлы; которое разнство в том состоит, что высоких одним огнем без помощи других материй в пепел сожечь не можно, а, напротив того, простые чрез едину оною силу в пепел обращаются.*

*Первый высокий металл есть **А**, который чрез свой изрядный желтый цвет и блестящуюся светлость от прочих металлов отлично. Непреодолимое сильным огнем постоянство подает ему между всеми другими металлами первенство, ибо, в жестоком жару чрез долгое время плавлено, не токмо природную свою красоту удерживает, но и еще чище прежнего становится, ежели пред тем с каким-нибудь простым металлом смешано было.*

*Второй высокий металл называется **Б**. Сие от **А** разнится больше цветом и тягостию. Цвет его толь бел, что ежели **Б** совсем чист и только после плавления вылит, а не полирован, то кажется он издали бел, как мел. Весу его пропорция к воде как 10535 к 1000, то есть около десяти раз оной тяжелее, а **А** почти вдвое легче. Однако прочими свойствами **Б** едва уступает, понеже, будучи чрез 6 месяцев в жестоком огне плавлен, насилу шестидесятую часть своего весу потерял.*

*Лучший металл из простых есть **В**, который от воздуха хотя нарушается и зеленью поводится (1) и притом после того, как он в пепел сожжен бывает, с трудностью в прежнее свое состояние приведен быть может, однако для его твердости, вязкости и звонкости прочим простым металлам предпочтитель надлежит, чем в общем употреблении много нам служит. Древние люди, у которых **Д** скудно было, делали себе сабли и палаши из **В** и равно как из **Д** на войне употребляли. И хотя его природный красный цвет не очень хорош, однако чрез приложение некоторых минералов бывает он тем почти **А** и **Б** подобен.*

***В** следует **Г**, понеже он хотя огнем в пепел и превращается, однако прежняя его светлость и почти **Б** подобный белый цвет из пепела опять легко возвращен быть может. И притом противится воздуху почти так, как **Б**, не принимая на себя никакой перемены, кроме туску. В огне прежде расплывается, нежели краснеет, и притом покрывается перепонкою, которая тотчас сходит, ежели тогда сало или что-нибудь жирное в него брошено будет, ибо она не что иное есть, как самое **Г**, которое жирную материю в огне потеряло и чрез то в пепел обратилось, а по приложении оной в сале опять в прежнее свое состояние приходит.*

*Пятый из металлов есть **Д**, который ниже и дешевле изо всех почитается, понеже он в несравненно большем количестве находится и на огне очень легко сгорает в темный желтоватый пепел (2), на воздухе скоро ржавеет, и сам его природный цвет **Г** много бледнее.*

Сего металла никаким великим жаром растопить не можно без примесу некоторых материй. В стекло превращается **Д** очень трудно, однако не толь, как **Г**. Жестокостию превосходит все прочие металлы.

Последний из всех металл есть **Е**, понеже светлостию, твердостию, вязкостию, упругостию и звонкостию всем металлам уступает. В огне расплывается весьма скоро и в пепел и в стекло обращается, которое имеет цвет желтый и бывает всегда прозрачно, очень ломко и весьма легко опять в прежнее свое состояние, то есть в **Е**, приведено быть может. Черный и дыма полный пламень когда на **Е** устремлен бывает, то сожигает его в красный пепел, который суриком называют.

За полуметаллы почитаются **Ж, И, К, Л и М**.»

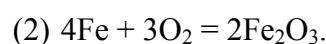
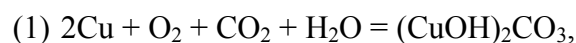
Кто мог быть автором этого текста? Установите, какие металлы стоят за буквами **А, Б, В, Г, Д, Е**. Какие металлы автор назвал «полуметаллами»? Напишите название и символ одного из них (**Ж, И, К, Л, М**). Запишите химические уравнения для превращений (1) и (2).

Автором текста является Михаил Васильевич Ломоносов. Это выдержки из его произведения «Первые основания металлургии или рудных дел».

А	Б	В	Г	Д	Е
Золото Au	Серебро Ag	Медь Cu	Олово Sn	Железо Fe	Свинец Pb

Ж	И	К	Л	М
Мышьяк As	Сурьма Sb	Висмут Bi	Цинк Zn	Ртуть Hg

Оценивается один из «полуметаллов»



Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	• Указание на автора текста	• 2 балла
2)	• Формулы металлов А-Е	• 12 баллов (по 2 балла)
3)	• Формула одного из полуметаллов	• 2 балла
4)	• Уравнения реакций (1) и (2)	• 4 балла (по 2 балла)
В сумме:		• 20 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 2. Решение

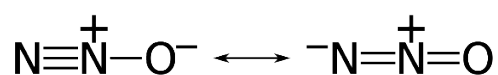
В холодильниках, кондиционерах, на производстве используются специальные вещества – хладагенты, циркулирующие в системе, поглощающие и переносящие тепло. Кроме обычно используемых органических хладагентов широкое применение нашли и неорганические хладагенты. Для удобства они обозначаются шифром. Так, вода имеет шифр R718, азот – R728, углекислый газ – R744.

Установите, какие хладагенты обозначаются шифрами R717, R729, R732, R744A. Напишите соответствующие химические формулы. Ответ обоснуйте. Предложите путь получения R744A с использованием остальных упоминаемых в задаче хладагентов. Напишите соответствующие уравнения реакций.

Рассмотрим известные обозначения. В них есть общая часть – R7 и различающиеся две цифры. Теперь посмотрим, как соотносится формула вещества эти две цифры:

Вода	Азот	Углекислый газ
H ₂ O	N ₂	CO ₂
18	28	44

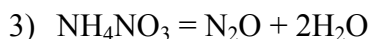
Сравнивая молекулярные характеристики веществ и указанные числа приходим к выводу, что это – их молекулярная масса. По аналогии запишем таблицу для неизвестных веществ. Подберём формулы распространённых веществ, имеющих соответствующую молекулярную массу. Для воздуха используют молекулярную массу 29, считая средневзвешенную молекулярную массу составляющих их газов с учётом их объёмных долей: $29 = 78,082 \cdot 28$ (N₂) + $20,945 \cdot 32$ (O₂) + $0,934 \cdot 40$ (Ar). Буква А, вероятно, добавлена чтобы не путать R744A с углекислым газом, имеющим такую же молекулярную массу. Судя по вопросу про способ получения, это также азотсодержащее вещество. Под такую молекулярную массу подходит N₂O.



R717	R729	R732	R744A
17	29	32	44
NH ₃	воздух	O ₂	N ₂ O

Предложим способ получения N₂O:

- 1) $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{HNO}_3$
- 2) $\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$



Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	• Идея о молекулярной массе как основе шифробозначения хладагентов	• 2 балла
2)	• Формулы 4 хладагентов	• по 3 балла, всего 12 баллов
3)	• Способ получения R744A	• 6 баллов (3 реакции по 2 балла)
В сумме:		• 20 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 3. Решение

Сложные вещества А, Б и В получаются при взаимодействии двух простых веществ Г и Д при разных температурах и разных соотношениях реагирующих веществ. Вещество Е получается при взаимодействии Б с кислородом и содержит все три элемента.

Из каждого грамма вещества Г может быть получено 2,11 г маслянистой жидкости (н.у.) А, либо 3,22 г тёмно-красной жидкости (н.у.) Б, либо 5,44 г бледно-жёлтых кристаллов (-35°C) В, либо 3,72 г бесцветной жидкости (н.у.) Е. Известно также, что 1 г Г содержит $2,352 \cdot 10^{21}$ молекул.

Определите, какие вещества зашифрованы под буквами А, Б, В, Г, Д, Е. Изобразите их структурные формулы. Ответ подтвердите расчётом и уравнениями химических реакций.

Физические свойства веществ А, Б и Е указывают на их молекулярную структуру. Формула Е от формулы Б, исходя из способа получения, отличаются одним или несколькими атомами кислорода.

Пусть 1 г Г составляет x моль и столько же получается веществ А, Б, В и Г. Тогда разница в массах $m(\text{Е}) - m(\text{Б})$, равная 0,5 г, должна быть пропорциональна $16x$: $0,5 = 16xk$, где k – число присоединённых атомов кислорода на каждую молекулу Б или $1 = 32xk$. Соотнесём разницы в получающихся массах А, Б и В:

$$m(B)-m(A)=3,33=(M_B-M_A)x \quad m(B)-m(A)=1,11=(M_B-M_A)x$$

$$\text{Отсюда } M_B-M_A = 106,56k, M_B-M_A = 35,52k$$

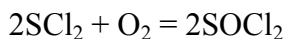
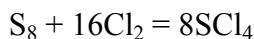
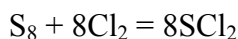
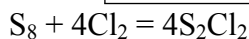
Такая полуцелая разница в молекулярных массах может быть вызвана тем, что элемент Д – хлор ($k=1$). Вещество Д, соответственно, – Cl_2 .

Определим элемент Г, рассчитав молярную массу А. $M_A=2,11 \cdot 32=67,52$, за вычетом хлора получается 32, что соответствует сере S. Тогда формула А - SCl , вернее димер S_2Cl_2 , Б - SCl_2 , В - SCl_4 , Е - SOCl_2 .

Определим число молей Г в 1 г $2,352 \cdot 10^{21} / 6,02 \cdot 10^{23} = 1/256$ моль, то есть его молекулярная масса 256 г/моль, что соответствует S_8 .

Структурные формулы:

А	Б	В	Г	Д	Е
				Cl-Cl	



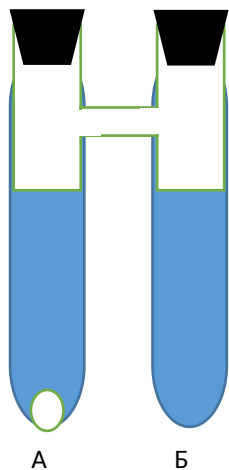
Не штрафуются написание уравнения, если указано S вместо S_8 .

Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	• Структурные формулы	• 12 баллов (по 2 балла)
2)	• Реакции	• 8 баллов (по 2 балла)
В сумме:		• 20 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 4. Решение



В приборе, состоящем из двух пробирок, соединённых трубкой, налиты жидкости А и Б (их уровень ниже соединительной трубки). В пробирку с жидкостью А поместили твёрдое вещество X, широко распространённое в окружающем мире. Горла пробирок закрыты пробкой. Через некоторое время стало заметно, что вещество X полностью растворилось, но в пробирке с жидкостью Б образовался белый осадок, масса которого равна массе внесённого в А вещества X.

1) Предложите химический состав жидкостей А и Б, а также вещества X.

- 2) Напишите уравнения реакций, происходящих в приборе при внесении X.
- 3) При каких условиях растворение X произойдёт, а выпадение осадка – нет? При необходимости запишите соответствующее уравнение реакции, препятствующей образованию осадка.
- 4) Как можно получить жидкости А и Б, по возможности с использованием вещества X? Напишите соответствующие уравнения реакций.

1) Растворение вещества X приводит к такому изменению раствора А, что оно воздействует на раствор Б и приводит к выпадению осадка. Наиболее очевидный вариант – это выделение газообразного вещества при растворении X в А, перенос этого газообразного вещества в соседнюю пробирку, взаимодействие его с жидкостью Б и выпадение осадка вследствие этого взаимодействия. Из числа часто встречающихся в окружающем мире веществ в качестве X можно выбрать карбонат кальция CaCO_3 , который растворяется в кислотах с выделением газообразного углекислого газа CO_2 . Углекислый газ перемещается в соседнюю пробирку, для образования осадка необходимо, чтобы в качестве Б был взят раствор соответствующего основания Ca(OH)_2 . Жидкость А должна быть раствором сильной кислоты, которая не образует с кальцием нерастворимой соли. Это может быть соляная кислота.

А – водный раствор соляной кислоты HCl

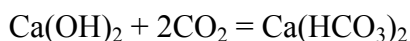
Б – водный раствор гидроксида кальция Ca(OH)_2

X – карбонат кальция CaCO_3

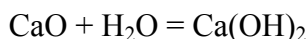
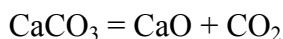
2) В пробирке А: $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

В пробирке Б: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

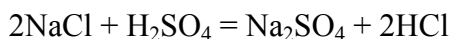
3) Одним из существенных условий образования осадка в пробирке Б является избыток гидроксида кальция по отношению к поглощаемому углекислому газу. В недостатке гидроксида кальция образуется растворимый гидрокарбонат:



4) Раствор Б можно получить прокаливанием X до оксида кальция с последующим растворением в воде:



Раствор А из карбоната кальция не получить, обычно соляную кислоту получают



Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	• Химический состав А, Б и X	• 6 баллов (по 2 за вещество)
2)	• Уравнения реакций в приборе при внесении X	• 4 балла (по 2 балла за уравнение)
3)	• Описание условий невыпадения осадка	• 4 балла (из них 2 – за уравнение)
4)	• Способы получения А и Б	• 6 баллов (по 2 балла за уравнение)
В сумме:		• 20 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 5. Решение

Перекристаллизация является одним из способов очистки веществ, связанным с тем что растворимость зависит от температуры. В качестве растворителя зачастую используется вода.

1) Для получения чистого вещества X получили 20 г его насыщенного водного раствора при 100 °С (растворимость этого вещества при 100 °С составляет 0,436 г на 100 г воды, а при 20 °С – 0,07 г на 100 г воды). Сколько (г) чистого вещества X можно получить после перекристаллизации? Горячий раствор X при 100 °С профильтровали и охладили до 20 °С. На

чём основана очистка вещества таким способом? Вещество X не образует кристаллогидраты.

2) Рассмотрим возможности перекристаллизации в случае, если очищаемое вещество может образовывать кристаллогидрат. Например, растворимость карбоната натрия при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет $21,27\text{ г Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ на 100 г воды, а при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $56,735\text{ г Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ на 100 г воды. Рассчитайте минимальные массы воды и $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, которые необходимо взять для того чтобы получить после перекристаллизации $10\text{ г Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

3) Рассчитайте, какие нужно взять массы растворов с массовыми долями растворённого вещества 15 и 60% , чтобы приготовить 60 г раствора с массовой долей 45% .

1) Рассчитаем массу X и воды в растворе при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$m(X)^{100^{\circ}\text{C}} = 20 \cdot 0,436 / (100 + 0,436) = 0,087\text{ г},$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 20 \cdot 100 / (100 + 0,436) = 19,913\text{ г}.$$

После охлаждения и выпадения X масса воды в растворе сохраняется, соответственно можно рассчитать массу растворённого X по пропорции:

$$m(X)^{20^{\circ}\text{C}} = 19,913 \cdot 0,07 / 100 = 0,014\text{ г}.$$

В осадок, таким образом, выпало: $m(X) = 0,087\text{ г} - 0,014\text{ г} = 0,073\text{ г}$.

При перекристаллизации можно получить $m(X) = 0,073\text{ г}$.

Очистка при этом основана на 1) отделении нерастворимых примесей при растворении и последующем горячем фильтровании; 2) оставлении растворимых примесей в маточном растворе, поскольку их концентрации далеки от пересыщения.

2) Минимальные массы веществ соответствуют насыщенному раствору при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Пересчитаем растворимость карбоната натрия на безводную соль в растворе:

$0\text{ }^{\circ}\text{C}$: $21,27\text{ г Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ на 100 г воды соответствует $6,5\%$ Na_2CO_3 ;

$100\text{ }^{\circ}\text{C}$: $56,735\text{ г Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ на 100 г воды соответствует $30,94\%$ Na_2CO_3 .

Осаждение $10\text{ г Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ведёт к уменьшению массы раствора на 10 г , а массы растворённого Na_2CO_3 – на $3,706\text{ г}$. Если бы масса раствора при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляла $x\text{ г}$, то масса Na_2CO_3 – $0,3094 \cdot x$. При $0\text{ }^{\circ}\text{C}$: $0,065 \cdot (x - 10) = 0,3094 \cdot x - 3,706$ $0,065 \cdot x - 0,65 = 0,3094 \cdot x - 3,706$; $0,2444 \cdot x = 3,056$; $x = 12,5\text{ г}$. Таким образом, масса раствора при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляла $12,5\text{ г}$, в нём находилось $3,868\text{ г Na}_2\text{CO}_3$, что соответствует $10,44\text{ г Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Для растворения такого количества соли необходимо $12,5\text{ г} - 10,44\text{ г} = 2,06\text{ г}$ воды.

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 10,44\text{ г} \quad m(\text{H}_2\text{O}) = 2,06\text{ г}$$

3) Обозначим m_{15} и m_{60} – массы соответствующих растворов с долями 15% и 60% . Тогда масса раствора будет составлять $m_{15} + m_{60} = 60\text{ г}$, а масса растворённого вещества $0,15 \cdot m_{15} + 0,60 \cdot m_{60} = 0,45 \cdot (m_{15} + m_{60})$, откуда $m_{60} = 2 \cdot m_{15}$, отсюда $m_{15} = 20\text{ г}$ $m_{60} = 40\text{ г}$.

Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	- Правильный расчёт массы очищенного X - Верное указание 2 причин очищения вещества в ходе описанной процедуры	5 баллов 3 балла (по 1,5 балла за причину)
2)	Верный расчёт минимальных масс	6 баллов
3)	Правильный расчёт соотношения масс взятых растворов	6 баллов
<i>В сумме:</i>		<i>20 баллов</i>

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.