

Областное государственное бюджетное учреждение
«Региональный центр развития образования»

**Задания и решения школьного этапа
ВСОШ 2020-2021 по химии**

Методические указания по оценке выполнения заданий для жюри

Составители:

**Прасолов П. В – заместитель директора по УМР АНО ДО УЦ «ТриО».,
Чумерин Д. С. – учитель химии МАОУ СОШ №64 г. Томска**

Томск
2020

Пояснительная записка

Школьный этап ВСОШ по химии проводится в 1 тур. Для четырёх возрастных параллелей (5-8-х, 9-х, 10-х, 11-х классов) подготовлены отдельные комплекты заданий. В комплект заданий каждой возрастной параллели входит 5 задач. Максимальная возможная оценка работы для всех возрастных параллелей составляет 50 баллов.

Для учащихся 5-8-х и 9-х классов длительность олимпиады составляет 120 минут (2 астрономических часа).

Для учащихся 10-х и 11-х классов длительность олимпиады составляет 150 минут (2,5 астрономических часа).

Общие подходы к проверке работ

Любые исправления, зачеркивания или небрежность написания не могут быть основанием для снижения оценки.

Использование участником оформления решения, отличающегося от того, который использует проверяющий, не может быть основанием для снижения оценки.

Если участник предлагает решение, отличающееся от предложенного в данных рекомендациях, но оно является верным, полным и обоснованным, то за него выставляется полный балл, предусмотренный системой оценивания. Некоторые примеры альтернативных подходов к решению указаны ниже, в конкретных задачах.

Допускается использование дробных коэффициентов в записи уравнений химических реакций, если иное не указано в решении задачи.

При отсутствии коэффициентов или их неправильной расстановке оценка за написание уравнений снижается на 50%, если иное не указано в решении задачи.

Допускается использовать метод ионно-электронного баланса.

В случае если участник, проводя вычисления, допускает одну математическую ошибку на одном из этапов вычислений, и все остальные расчёты проводит верно (в нужные формулы подставлены нужные величины), то оценка за данный пункт задачи снижается на 50%. Если ошибка не математического характера, а именно «химическая», то пункт считается выполненным неверно.

При возникновении вопросов по проверке работ или содержанию заданий и решений можно обращаться к составителям.

Контакты для связи: rvp11@tpu.ru

5-8 классы

№ 8-1 Тест.

1) Наибольшую молекулярную массу имеет вещество с формулой:

- A) NH₃
B) AsH₃
- B) PH₃
Г) GeH₄

2) В ядре атомов отсутствуют частицы:

- A) нейтроны Б) электроны
В) протоны Г) все ответы верны

3) Какое общее количество атомных орбиталей на втором энергетическом уровне:

- A) 4 Б) 2
Б) 6 Г) 8

4) Название какого химического элемента происходит от племён кельтской группы, живших на территории нынешней Франции в V веке до н.э.:

- А) Азот
Б) Калифорний
В) Гафний
Г) Галлий

5) Какой период состоит только из неметаллов:

- A) 3 Б) 5
Б) 1 Г) 2

6) Какая из частиц имеет наименьшие размеры:

- A) вакуоль Б) капля воды
В) атом Г) пылинка

Решение.

1	2	3	4	5	6
Б	Б	А	Г	Б	Б

Система оценивания.

За каждый правильный ответ – 2 балла.

Итого 12 баллов за задание.

№ 8-2 Имеется смесь песка и сахара массой 50 г. Смесь опустили в колбу, в которую налили 200 мл воды. После отфильтровали содержимое колбы, высушили и получили 30 г остатка. Что содержит остаток после высушивания? Вычислите массовые доли песка и сахара в исходной смеси.

Решение.

Из жизненного опыта, школьнику известно, что сахар растворяется в воде, а песок – нет. Тогда остатком массой 30 г является песок. Чтобы найти массу сахара необходимо из массы смеси вычесть массу песка. Следовательно, масса сахара равна 20 г.

Тогда легко определить, что исходная смесь содержала 40 % сахара и 60 % песка.

$$\omega(\text{сахара}) = \frac{m(\text{сахара})}{m(\text{смеси})} = \frac{20}{50} = 0,4 = 40 \%$$

$$\omega(\text{песка}) = \frac{m(\text{песка})}{m(\text{смеси})} = \frac{30}{50} = 0,6 = 60 \%$$

Система оценивания.

Указание, что после высушивания остался песок – 2 балла.

Масса сахара – 2 балла.

Массовые доли компонентов – по 2 балла за каждый. Итого 4 балла.

Итого 8 баллов за задачу.

№ 8-3 Вычислите массовую долю всех элементов в соединении $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$. Чему должна быть равна сумма массовых долей всех элементов в соединении?

Решение.

Вычислим относительную молекулярную массу пероксодисульфата аммония.

$$Mr((\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8) = 14 \cdot 2 + 8 + 32 \cdot 2 + 16 \cdot 8 = 228$$

Массовую долю элементов можно определить по формуле:

$$\omega(\text{Э}) = \frac{Ar(\text{Э}) \cdot n}{Mr}$$

$$\omega(\text{N}) = \frac{Ar(\text{N}) \cdot n}{Mr} = \frac{14 \cdot 2}{228} = 0,1228 \approx 0,123 \approx 12,3 \%$$

$$\omega(\text{H}) = \frac{Ar(\text{H}) \cdot n}{Mr} = \frac{1 \cdot 8}{228} = 0,035 = 3,5 \%$$

$$\omega(\text{S}) = \frac{Ar(\text{S}) \cdot n}{Mr} = \frac{32 \cdot 2}{228} = 0,2807 = 28,07 \%$$

$$\omega(\text{O}) = \frac{Ar(\text{O}) \cdot n}{Mr} = \frac{16 \cdot 8}{228} = 0,5614 = 56,14 \%$$

Сумма массовых долей всех элементов должна равняться 1 (100 %), так как масса всех атомов в молекуле составляет массу молекулы.

Система оценивания.

Относительная молекулярная масса $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ – 2 балла.

Массовые доли каждого элемента по 1,5 балла. Итого 6 баллов.

Указание на то, что сумма массовых долей равна 1 – 3 балла.

Итого 11 баллов за задачу.

№ 8-4. Хлор имеет 2 стабильных изотопа $^{35}_{17}\text{Cl}$ и $^{37}_{17}\text{Cl}$. Приняв относительную атомную массу хлора равной 35,5, вычислите атомное содержание каждого изотопа в природе. Является ли относительная атомная масса элемента средним арифметическим от массы его изотопов?

Решение.

Относительная атомная масса элементов, которая записана в периодической таблице, является средневзвешенной величиной от массы изотопов данного элемента. Термин средневзвешенной величины указывает на то, что атомное содержание каждого изотопа учитывается при расчёте. При вычислении среднего арифметического от группы значений не учитывается весовой показатель каждого из них, то есть каждая величина вносит одинаковый по «важности» вклад в среднее значение. Среднее арифметическое чисел 35 и 37 равно 36, а не 35,5.

Тогда для случая двух изотопов можно записать выражение:

$$Ar(Cl) = x(^{35}_{17}Cl) \cdot M(^{35}_{17}Cl) + x(^{37}_{17}Cl) \cdot M(^{37}_{17}Cl),$$

где x — содержание изотопа в долях единицы, а M — массовое число соответствующего изотопа.

Так же стоит учесть, что общее содержание изотопов в природе составляет 1 (100 %). Тогда

$$x(^{35}_{17}Cl) + x(^{37}_{17}Cl) = 1 \Rightarrow x(^{37}_{17}Cl) = 1 - x(^{35}_{17}Cl)$$

Получим следующее уравнение.

$$35,5 = 35x(^{35}_{17}Cl) + 37(1 - x(^{35}_{17}Cl))$$

Решением данного уравнения является значение $x(^{35}_{17}Cl) = 0,75$. Тогда изотопа $^{35}_{17}Cl$ содержится 75 %, а изотопа $^{37}_{17}Cl$ — 25 %.

Система оценивания.

Указание на то, что относительная атомная масса не является средним арифметическим — 2 балла.

Указание на то, что суммарное содержание всех изотопов равно 1 (100%) — 1 балл.

Запись математической модели задачи (уравнения) — 3 балла.

Решение уравнения — 1 балл.

Содержание каждого из изотопов — 2 балла.

Итого 9 баллов за задачу.

№ 8-5 Разность относительных атомных масс двух элементов равна 32, а их отношение равно 3. О каких элементах идёт речь? Напишите электронную формулу наиболее лёгкого из них.

Решение.

Обозначим относительную атомную массу более лёгкого элемента за x , а второго за y . Тогда можно составить систему из двух уравнений:

$$\begin{cases} y - x = 32 \\ \frac{y}{x} = 3 \end{cases}$$

Решением данной системы является пара чисел (16;48), что соответствует кислороду и титану.

Более лёгким элементом является кислород, его электронная формула - $1s^2 2s^2 2p^4$.

Система оценивания.

Запись каждого из уравнений по 2 балла. Итого 4 балла.

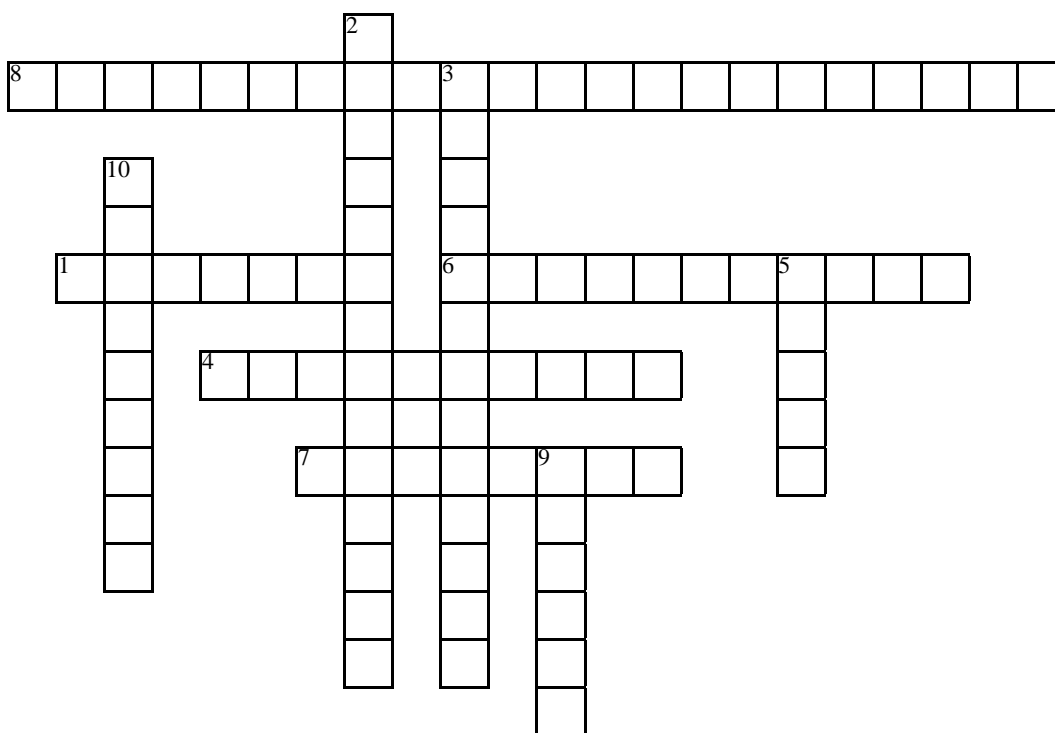
Определение каждого из элементов по 1,5 балла. Итого 3 балла.

Электронная формула кислорода – 3 балла.

Итого 10 баллов за задачу.

9 класс

№9-1 Решите кроссворд.

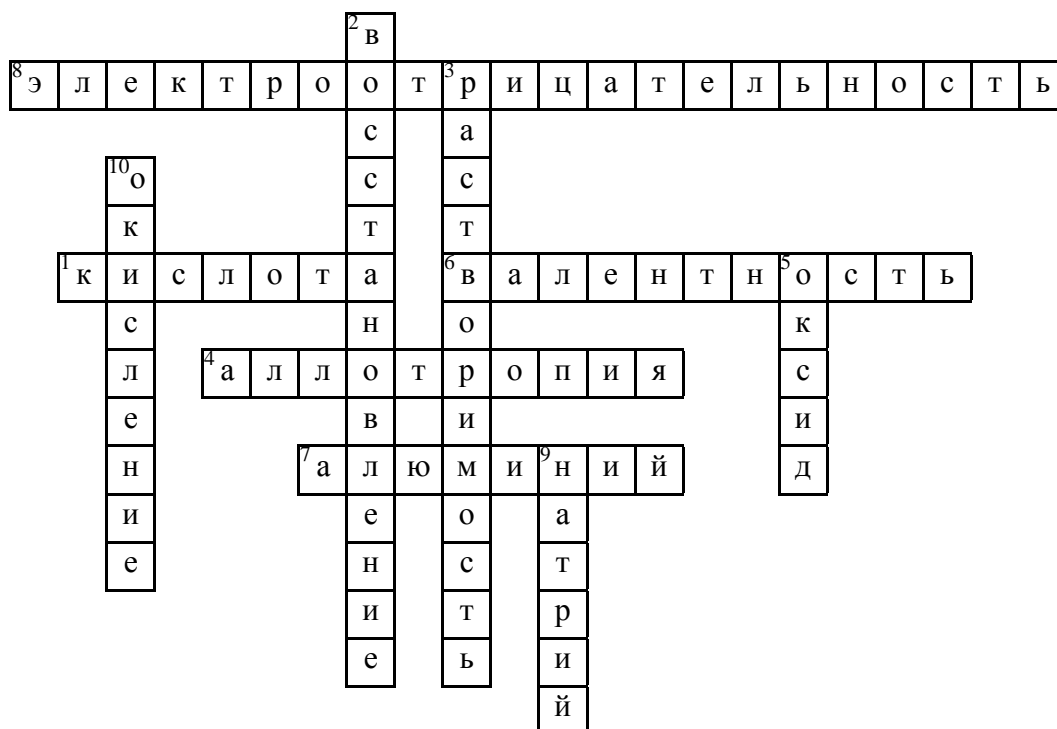


По горизонтали

- 1) Электролит, который при диссоциации в водных растворах, в качестве катионов образует катионы водорода и анионы кислотного остатка.
- 4) Явление существования химического элемента в виде двух или нескольких простых веществ, различных по строению и свойствам.
- 6) Количество химических связей, которое образует атом в молекуле.
- 7) Легкий и нетоксичный серебристо-белый металл, устойчивый к коррозии и применяемый в авиации.
- 8) Способность атома в молекуле или сложном ионе притягивать к себе электроны, участвующие в образовании химической связи.

По вертикали

- 2) Процесс **присоединения** электронов частицей.
- 3) Способность вещества растворяться в том или ином растворителе.
- 5) Сложное вещество, образованное двумя химическими элементами, одним из которых является кислород в степени окисления (-2) .
- 9) Металл, имеющий в соединениях постоянную степень окисления $+1$. Массовая доля металла в гидроксиде равна 57.50 %.
- 10) Процесс **отдачи** электронов частицей.

Решение.**Система оценивания.**

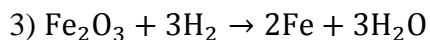
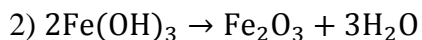
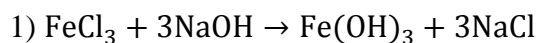
Каждое верно отгаданное слово – 1 балл.

Итого 10 баллов за задание.

№9-2 К раствору хлорида железа(III) массой 200 г прилили избыток раствора гидроксида натрия. Выпал осадок, который отфильтровали и прокалили до постоянной массы, которая оказалась равна 0,96 г. Вычислите массовую долю хлорида железа в исходном растворе. Вычислите массу чистого железа, которую можно получить при восстановлении водородом остатка прокаливания.

Решение.

Запишем уравнения протекающих реакций



Вычислим количество вещества оксида железа(III).

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = \frac{0,96}{160} = 0,006 \text{ моль}$$

По соотношению коэффициентов в уравнении 2 определим количество вещества гидроксида железа (III).

$$n(\text{Fe(OH)}_3) = 2 \cdot n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2 \cdot 0,006 = 0,012 \text{ моль}$$

По соотношению коэффициентов в уравнении 1 определим количество вещества хлорида железа (III).

$$n(\text{FeCl}_3) = n(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 0,012 \text{ моль}$$

Вычислим массу хлорида железа (III) и его массовую долю.

$$m(\text{FeCl}_3) = n(\text{FeCl}_3) \cdot M(\text{FeCl}_3) = 0,012 \cdot 162,5 = 1,95 \text{ г}$$

$$\omega(\text{FeCl}_3) = \frac{m(\text{FeCl}_3)}{m_{\text{раствора}}} = \frac{1,95}{200} = 0,00975 = 0,975 \%$$

По соотношению коэффициентов в уравнении 3 определим количество вещества железа и его массу.

$$n(\text{Fe}) = 2 \cdot n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2 \cdot 0,006 = 0,012 \text{ моль}$$

$$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) = 0,012 \cdot 56 = 0,672 \text{ моль}$$

Система оценивания 1.

Уравнения химических реакций по 1 баллу за каждое. Итого 3 балла.

Количество вещества оксида железа(III) 1 балл.

Количество вещества гидроксида железа(III) 1 балл.

Количество вещества хлорида железа(III) 1 балл.

Масса хлорида железа(III) 1 балл.

Массовая доля хлорида железа(III) 1 балл.

Количество вещества железа 1 балл.

Масса железа 1 балл.

Итого 10 баллов за задачу.

Если ученик решил задачу альтернативным методом и получил правильные ответы на вопросы задачи, то такое решение оценивается 10 баллами.

Например, можно было решать задачу не «через моли», а через составление пропорций, тогда можно воспользоваться следующей шкалой оценивания.

Система оценивания 2.

Уравнения химических реакций по 1 баллу за каждое. Итого 3 балла.

Масса гидроксида железа(III) 2 балла.

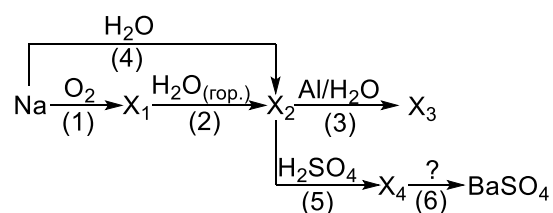
Масса хлорида железа(III) 2 балла.

Массовая доля хлорида железа(III) 1 балл.

Масса железа 2 балл.

Итого 10 баллов за задачу.

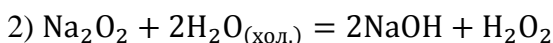
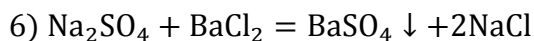
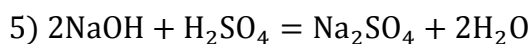
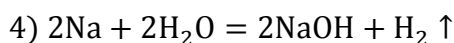
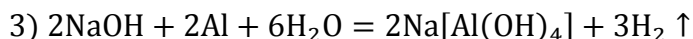
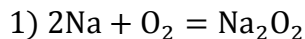
№9-3 Дана следующая цепочка превращений:



- 1) Напишите уравнения реакций 1 – 6.
- 2) Какие продукты будут образовываться при взаимодействии X_1 с $H_2O_{(хол.)}$?
- 3) Укажите цвет осадка $BaSO_4$.
- 4) Укажите условия хранения металлов Li и Na в химической лаборатории.

Решение.

- 1) Запишем уравнения реакций:



(гидроксид натрия и пероксид водорода)

3) $BaSO_4$ – сульфат бария – осадок **белого** цвета.

4) Натрий хранят под слоем керосина. Литий нельзя хранить в керосине, так как он обладает низкой плотностью и всплывает в органическом растворителе. Подходящей средой для хранения лития служит вазелин или парафин.

Система оценивания.

- 1) За каждое верно написанное уравнение реакции начисляется 1 балл (всего 6 баллов).
- 2) За верно указанные продукты реакции начисляется 1 балл.
- 3) За верно указанный цвет осадка начисляется 1 балл.
- 4) За верно указанные условия хранения каждого металла начисляется 1 балл (всего 2 балла).

Итого 10 баллов за задачу.

№9-4 На восстановление оксида двухвалентного металла массой 12.15 г потребовалось 3.36 л (при н.у.) водорода.

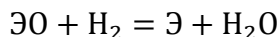
- 1) Определите оксид двухвалентного металла.
- 2) Напишите уравнение реакции разложения гидроксида металла.
- 3) Напишите уравнение реакции оксида с азотной кислотой. Составьте сокращенное ионное уравнение реакции.

Решение.

- 1) Пусть формула оксида двухвалентного металла ЭО.

Водород при нагревании восстанавливает многие элементы из оксидов до простых веществ.

Тогда можем записать уравнение реакции в общем виде.



По уравнению реакции:

$$n(\text{ЭО}) = n(\text{H}_2) \Rightarrow \frac{m(\text{ЭО})}{M(\text{ЭО})} = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m}$$

Пусть $Ar(\text{Э}) = x$.

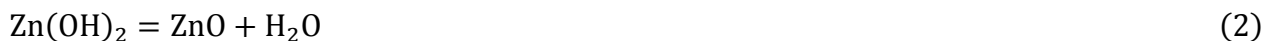
Подставив известные величины, составим уравнение,

$$\frac{12.15 \text{ г}}{(x + 16) \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = \frac{3.36 \text{ л}}{22.4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}}; \quad x = Ar(\text{Э}) = 65$$

Следовательно, оксид двухвалентного металла – оксид цинка ZnO .



2) Запишем уравнение реакции разложения гидроксида цинка:



3) Запишем уравнение реакции с азотной кислотой.



Система оценивания.

1) Уравнение реакции в общем виде – 1 балл.

Составлена математическая модель задачи (составление математического уравнения) – 3 балла.

Примечание: составление математической модели может включать в себя предварительный расчёт количества вещества водорода, что оценивается в 1 балл. В качестве переменной может быть выбрана или $Ar(\text{Э})$ или $Mr(\text{ЭО})$. В таких случаях конечное уравнение может выглядеть несколько иначе, и за составление уравнения ученик получает 2 балла (в сумме те же самые 3 балла – 1 балл за кол-во водорода и 2 балла за уравнение):

$$\frac{12.15 \text{ г}}{(Ar(\text{Э}) + 16)} = 0,15 \text{ или } \frac{12.15}{M(\text{ЭО})} = 0,15$$

Определено, что искомый элемент это цинк – 2 балла. Итого 6 баллов.

2) Уравнение разложение гидроксида цинка – 1 балл.

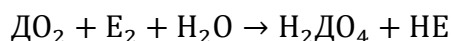
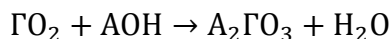
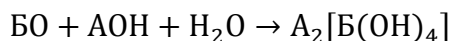
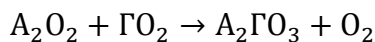
3) Записано уравнение взаимодействия оксида цинка с азотной кислотой – 1 балл.

Составлено сокращённое ионное уравнение – 2 балла. Итого 3 балла.

Итого 10 баллов за задачу.

№9-5 Ниже представлены схемы реакций пяти элементов А, Б, Г, Д, Е. Известно, что все эти элементы находятся в главных подгруппах и в разных группах, а так же, что порядковый номер любого из них не превышает 18.

(Буква В специально пропущена из-за схожести с бором.)



Дополнительная информация:

- соединение GO_2 является газом при нормальных условиях;
- вещество, содержащее элемент А можно найти практически в любой квартире на кухне.

Определите элементы А, Б, Г, Д, Е и расставьте коэффициенты в указанных реакциях.

Решение.

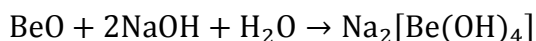
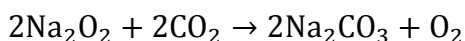
Определить элементы А, Б, Г, Д, Е можно с помощью расстановки степеней окисления. Заполним таблицу.

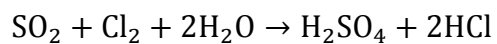
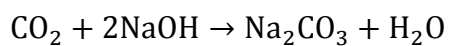
Элемент	Степени окисления	Металл/неметалл или признак	Возможные варианты
А	+1	Металл	Li, Na
Б	+2	Металл, амфотерный	Be
Г	+4	Неметалл	C, Si, S
Д	+4, +6	Неметалл	S
Е	+5, +7, -1	Неметалл	Cl

По данным таблицы однозначно определяются элементы Б, Д и Е. Тогда элементом Г может быть или углерод или кремний. По данным условия задачи соединение GO_2 является газом, тогда это может быть только CO_2 , так как диоксид кремния твёрдый. Соединения лития на кухне найти не получится, а вот натрия можно, $NaCl, Na_2CO_3, NaHCO_3$. Получаем ответ:

А	Б	Г	Д	Е
Na	Be	C	S	Cl

Запишем уравнения реакций.





Система оценивания.

Элементы А, Б, Г, Д, Е – по 1 баллу за каждый элемент. Итого 5 баллов.

Верно расставленные коэффициенты – по 1 баллу за каждую реакцию. Итого 5 баллов.

Примечание: расстановка коэффициентов оценивается независимо от того, верно определены элементы или нет.

Итого 10 баллов за задачу.

10 класс

№10-1 Порядковые номера двух химических элементов А и Б отличаются на единицу. Элемент Б имеет на внешнем энергетическом уровне на 1 электрон больше, чем элемент А. При этом количество неспаренных электронов на внешнем энергетическом уровне у элемента А на 1 больше, чем у элемента Б. Гидроксид элемента А имеет хорошую растворимость в воде, а гидроксид элемента Б является труднорастворимым веществом (в таблице растворимости имеет знак «н»). Известно, что гидроксиды этих двух элементов не могут взаимодействовать друг с другом.

1) Определите элементы А и Б, запишите их электронные формулы.

Для проведения опытов взяли некоторое количество оксидов элементов А и Б.

В колбу 1 положили некоторое количество оксида элемента А и налили воду массой в 10 раз превосходящей массу оксида. В колбу 2 поместили оксид элемента Б и также прилили воду. Содержимое каждой из колб длительно перемешивали при небольшом нагревании, а после добавили по 5 капель фенолфталеина в каждую из них.

2) Опишите наблюдаемые результаты опытов, заполнив таблицу.

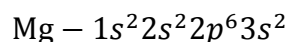
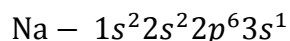
	А	Б
Растворимость оксидов		
Окраска раствора при добавлении фенолфталеина*		

* Аргументируйте ответ по данному пункту.

Решение.

1) По данным задачи следует, что элементы А и Б «горизонтальные» соседи в таблице Менделеева. Хорошая растворимость гидроксида элемента А сужает круг поиска до главных подгрупп I-III групп. Проанализировав количество неспаренных электронов у элементов данных подгрупп, можно прийти к выводу, что искомые элементы находятся в IA и IIA группах. По условию растворимости гидроксидов подходят 2 пары элементов - Li, Be и Na, Mg. Растворимость гидроксида лития существенно ниже, чем гидроксида натрия, а гидроксид бериллия является амфотерным, что делает возможным его взаимодействие с гидроксидом лития. Поэтому искомая пара элементов А – Na и Б – Mg.

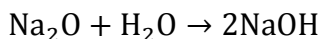
Запишем электронные формулы каждого из них.



2)

	Na ₂ O	MgO
Растворимость оксидов	Растворяется	Видимого растворения не наблюдается, раствор может помутнеть.
Окраска раствора при добавлении фенолфталеина*	Раствор приобретает розовую окраску	Раствор приобретает розовую окраску

Оксид натрия растворяется в воду, реагируя с ней:

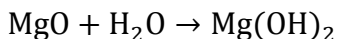


Гидроксид натрия является сильным электролитом, то есть диссоциирует практически нацело.



Поэтому при добавлении фенолфталеина появится розовая окраска (малиновая).

Видимого растворения оксида магния в воде не происходит, но их взаимодействие протекает, хоть и слабо, при нагревании раствора. Поэтому раствор может помутнеть.



Гидроксид магния не обладает высокой растворимостью, но является более сильным основанием, чем гидроксид аммония, поэтому при добавлении фенолфталеина раствор окрасится.



Система оценивания.

1) Определение элементов А и Б – 2 балла.

Электронные формулы элементов А и Б – по 1 балл. Итого 4 балла.

2) Указание видимой растворимости оксида натрия – 1 балл.

Указание на отсутствие видимой растворимости оксида магния или помутнение раствора – 1 балл.

Малиновая окраска колбы 1 – 1 балл. Аргументация – 1 балл.

Малиновая окраска колба 2 – 1 балл. Аргументация – 1 балл.

Примечание: участник может сослаться на усиление растворимости или процесса диссоциации при нагревании для объяснения явлений в колбе 2.

Итого 6 баллов.

Итого 10 баллов за задачу.

№10-2 Смесь нитратов железа(II) и алюминия в мольном отношении 2 к 1 соответственно массой 200,55 г прокалили до окончания реакций разложения. Полученный твёрдый остаток растворили в строго необходимом для реакций количестве раствора 15 %-ной соляной кислоты.

- 1) Вычислите массовые доли нитратов в исходной смеси.
- 2) Вычислите массовые доли хлоридов в конечном растворе.

Решение.

Запишем уравнения протекающих реакций.

- 1) $4\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{NO}_2 + \text{O}_2$
- 2) $4\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3 + 12\text{NO}_2 + 3\text{O}_2$
- 3) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

По условию задачи количество вещества нитрата железа(II) в 2 раза больше, чем нитрата алюминия. Тогда для определения массовых долей нитратов можно рассмотреть смесь, состоящую из 2 молей нитрата железа(II) и 1 моля нитрата алюминия, так как массовая доля является интенсивным параметром и не зависит от общей массы смеси.

Решить задачу можно и математически, через составление уравнения.

Обозначим количество вещества нитрата алюминия x , а нитрата железа(II) $2x$. Составим уравнение, описывающее массу смеси.

$$\begin{aligned}200,55 &= m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) + m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) \\200,55 &= n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) \cdot M(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) + n(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) \cdot M(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) \\200,55 &= 180 \cdot 2x + 213 \cdot x \\200,55 &= 573x \\x &= 0,35\end{aligned}$$

$$n(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 0,35 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 74,55 \text{ г}$$

$$n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 0,7 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 126 \text{ г}$$

Отметим, что определение количества вещества нитратов и их масс можно было произвести через пропорцию, что тоже считается верным.

$$\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = \frac{m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2)}{m(\text{смеси})} = \frac{126}{200,55} = 0,6283 = 62,83 \%$$

$$\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 1 - \omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 0,3717 = 37,17 \%$$

По уравнениям реакций 1 и 2 можно определить, что количество оксидов металлов в 2 раза меньше, чем исходных нитратов. По уравнениям реакций 3 и 4 можно определить, что количество образовавшихся хлоридов в 2 раза больше, чем оксидов.

$$n(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 0,35 \text{ моль} \Rightarrow n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,175 \text{ моль} \Rightarrow n(\text{AlCl}_3) = 0,35 \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 0,7 \text{ моль} \Rightarrow n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,35 \text{ моль} \Rightarrow n(\text{FeCl}_3) = 0,7 \text{ моль}$$

Зная количество вещества каждого из хлоридов, можем определить их массу.

$$m(\text{AlCl}_3) = 46,725 \text{ г}; m(\text{FeCl}_3) = 113,75 \text{ г}$$

Вычислим количество вещества и массу раствора соляной кислоты, пошедшей на реакции с оксидами металлов.

$$\begin{aligned} n_{\text{общ}}(\text{HCl}) &= n_3(\text{HCl}) + n_4(\text{HCl}) = 6 \cdot n(\text{Fe}_2\text{O}_3) + 6 \cdot n(\text{Al}_2\text{O}_3) = \\ &= 6 \cdot 0,35 + 6 \cdot 0,175 = 3,15 \text{ моль} \end{aligned}$$

$$m(\text{HCl}) = n_{\text{общ}}(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl}) = 3,15 \cdot 36,5 = 114,975 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{\omega} = \frac{114,975}{0,15} = 766,5 \text{ г}$$

Конечный раствор образовался из оксидов металлов и соляной кислоты, поэтому его массу можно найти, сложив массы указанных компонентов.

$$\begin{aligned} m_{\text{к. р-ра}} &= m(\text{Fe}_2\text{O}_3) + m(\text{Al}_2\text{O}_3) + m_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = n(\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Fe}_2\text{O}_3) + \\ &+ n(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Al}_2\text{O}_3) + m_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = 0,35 \cdot 160 + 0,175 \cdot 102 + 766,5 = 840,35 \text{ г} \end{aligned}$$

$$\omega(\text{AlCl}_3) = \frac{m(\text{AlCl}_3)}{m_{\text{к. р-ра}}} = \frac{46,725}{840,35} = 0,0556 = 5,56 \%$$

$$\omega(\text{FeCl}_3) = \frac{m(\text{FeCl}_3)}{m_{\text{к. р-ра}}} = \frac{113,75}{840,35} = 0,135 = 13,5 \%$$

Система оценивания.

- 1) Уравнения реакций – по 1 баллу за каждое. Итого 4 балла.
- 2) Количество вещества нитратов алюминия и железа(II) – по 1 баллу. Итого 2 балла.
- 3) Массовые доли нитратов – по 0,5 балла. Итого 1 балл.
- 4) Масса конечного раствора – 1 балл.
- 5) Массы хлоридов алюминия и железа(III) – по 0,5 балла. Итого 1 балл.
- 6) Массовые доли хлоридов – по 0,5 балла. Итого 1 балл.

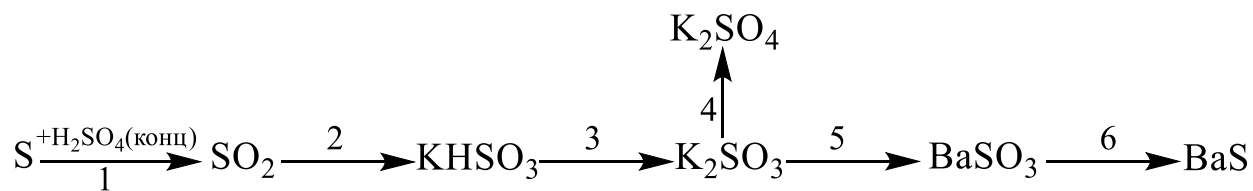
Примечание: если участник использовал пропорции для определения массового состава исходной смеси, без индивидуального расчёта количества вещества исходных нитратов, то баллы за пункт 2 системы оценивания ставятся за расчёт масс компонентов. Если расчёт массовых долей нитратов проведён по гипотетической смеси из 2 молей нитрата железа(II) и 1 моля нитрата алюминия, то участник получает по 1,5 б за каждую массовую долю нитрата, то есть за пункт 3 системы оценивания, за пункт 2 в таком случае баллы не ставятся.

Во второй части задачи участник может не рассчитывать массы хлоридов в явном виде, а вычислить их количество вещества и подставить произведение количества

вещества на молярную массу в формулу массовой доли. В таком случае баллы за пункт 5 системы оценивания ставятся за расчёт количества вещества хлоридов.

Итого 10 баллов за задачу.

№10-3 Дана следующая цепочка превращений.



- 1) Напишите уравнения реакций 1–6.
- 2) Для реакций 3 и 5 напишите сокращённые ионные уравнения.
- 3) Для реакций 1 и 4 составьте схемы электронного баланса, укажите окислитель и восстановитель.

Решение.

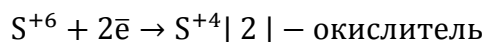
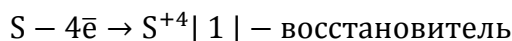
- 1) Запишем уравнения реакций.

- 1) $\text{S} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{SO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KHSO}_3$
- 3) $\text{KHSO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $5\text{K}_2\text{SO}_3 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 6\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 5) $\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_3 + 2\text{KCl}$
- 6) $\text{BaSO}_3 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{BaS} + 3\text{H}_2\text{O}$

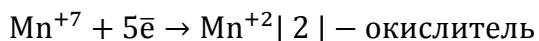
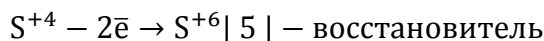
- 2) Реакция 3: $\text{HSO}_3^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

Реакция 5: $\text{SO}_3^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaSO}_3$

- 3) Реакция 1:



Реакция 4:



Система оценивания.

- 1) Уравнения реакций 1–6 по 1 баллу. Итого 6 баллов.
- 2) Краткие ионные уравнения по 1 баллу. Итого 2 балла.
- 3) Схемы электронного баланса с указанием окислителя и восстановителя по 1 баллу. Итого 2 балла.

При проверке стоит учитывать, что в реакции 4 может быть использован другой окислитель. В реакции 6 можно использовать другой восстановитель, а в реакции 5

подойдёт любая другая хорошо растворимая соль бария. Полным баллом оцениваются любые правильные уравнения реакций. В случае если коэффициенты расставлены неправильно, то оценка снижается до 0,5 балла за реакцию.

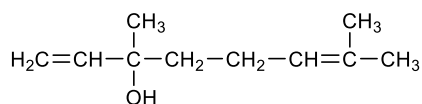
Итого 10 баллов за задачу.

№10-4 Линалоол (3,7-диметилокта-1,6-диен-3-ол) – вещество, которое вносит свой вклад в создание аромата сливы.

- 1) Напишите структурную формулу линалоола.
- 2) Составьте 3 структурных изомера линалоола. Вещества назовите по номенклатуре IUPAC.
- 3) Дайте определение изомерии.

Решение.

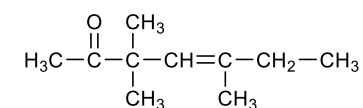
- 1) Структурная формула имеет следующий вид:



Брутто-формула: $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$

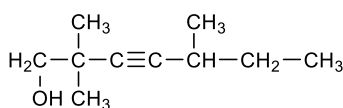
- 2) Ответим, что число структурных изомеров превышает количество, равное трем.

Поэтому приведем один из вариантов ответа.



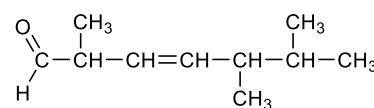
3,3,5-триметилгепт-4-ен-2-он

Брутто-формула: $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$



2,2,5-триметилгепт-3-ин-1-ол

Брутто-формула: $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$



2,5,6-триметилгепт-3-еналь

Брутто-формула: $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$

- 3) Приведем определение изомерии. Изомерия – явление, в результате которого вещества, обладающие одинаковым качественным и количественным составом, имеют различное строение и, следовательно, разные свойства.

Обратите внимание на то, что ученик может дать «свое» определение. Важно, чтобы он правильно передал его смысл.

Система оценивания

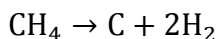
- 1) За верно составленную структурную формулу линалоола начисляется 2 балла.
 - 2) За каждый верно составленный изомер начисляется 1 балл (всего 3 балла).
- За каждое верно написанное название по номенклатуре IUPAC вещества начисляется 1 балл (всего 3 балла). Итого 6 баллов.
- 4) Верно написано определение изомерии – 2 балла.

Итого 10 баллов за задачу.

№10-5 Для разложения некоторого количества метана на простые вещества затратили 17,95 кДж теплоты, при этом образовалось 10,752 л водорода (в пересчёте на н.у.). Запишите уравнение разложения метана. Определите, сколько теплоты выделяется при образовании 2 моль метана из простых веществ?

Решение.

Запишем уравнение разложения метана.



Определим количество вещества водорода и метана.

$$n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = \frac{10,752}{22,4} = 0,48 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_4) = \frac{n(\text{H}_2)}{2} = 0,24 \text{ моль}$$

При разложении 0,24 моль метана затрачивается 17,95 кДж теплоты, а при разложении 1 моль метана – неизвестно. Составим пропорцию.

$$0,24 \text{ моль} \rightarrow 17,95 \text{ кДж}$$

$$1 \text{ моль} \rightarrow x \text{ кДж}$$

$$x = \frac{1 \cdot 17,95}{0,24} = 74,79 \text{ кДж}$$

Теперь известно, что при разложении 1 моль метана затрачивается 74,79 кДж теплоты, а значит, при образовании 1 моль метана выделяется такое же количество теплоты. Тогда заключим, что при образовании 2 моль метана выделяется в два раза больше теплоты, а именно 149,58 кДж.

Система оценивания.

Записано уравнение разложения метана – 1 балл.

Определено количество вещества водорода – 2 балла.

Определено количество вещества метана – 2 балла.

Примечание: *если участник использовал пропорцию, то есть пропустил стадию расчёта количества вещества водорода, и определил объём метана, то это оценивается в 4 балла.*

Составлена пропорция – 3 балла.

Определено количество теплоты при образовании 2 моль метана из простых веществ – 2 балла.

Примечание: *здесь участник мог составить пропорцию не на 1 моль, а сразу на 2 моль метана, а потом сделать вывод, что численно количество теплоты, пошедшее на разложение метана, и количество теплоты, выделившееся при образовании метана, равны между собой. Тогда решение выглядело бы так:*

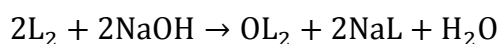
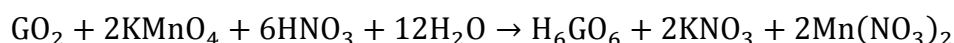
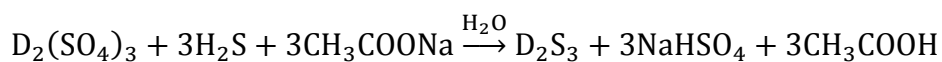
$$\begin{array}{l} 0,24 \text{ моль} \rightarrow 17,95 \text{ кДж} \\ 2 \text{ моль} \rightarrow x \text{ кДж} \\ x = \frac{2 \cdot 17,95}{0,24} = 149,58 \text{ кДж} \end{array}$$

Пропорция могла быть составлена и с использованием объёмов, а не молей. В таком случае участник получает полный балл и за составление пропорции и за получение конечного ответа.

Итого 10 баллов за задачу.

11 класс

№11-1 В каждой из приведённых ниже реакций пропущено по 1 химическому элементу (*A, D, E, G, L*). Известно, что все эти элементы находятся в главных подгруппах, порядковый номер каждого из них не превышает 71, а элементы *D, E, G* находятся в одном периоде и элемент *A* имеет наибольших среди остальных пропущенных элементов порядковый номер.



- 1) Определите элементы *A, D, E, G, L*.
- 2) Запишите электронные формулы каждого из определённых элементов.
- 3) Расположите элементы *A, D, E, G, L* в порядке возрастания атомного радиуса.

Решение.

Решение данной задачи целесообразно начать с анализа степеней окисления пропущенных элементов и их характерных особенностей.

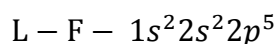
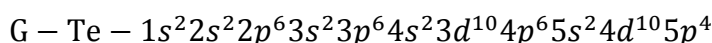
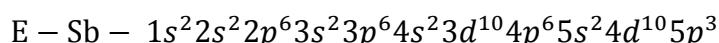
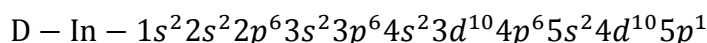
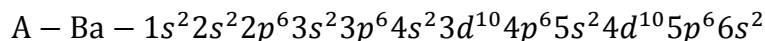
Элемент	A	D	E	G	L
Степень окисления	+2, 0	+3	+5	+6, +4	0, -1, ?

Начнём с элемента *L*. По его степеням окисления можно предположить, что это галоген. Хлор, бром и йод реагируют с щелочами с образованием смеси солей оксокислот. Приведённому уравнению тогда подходит только фтор.

Очевидно, что элементы *D, E, G* могут находиться в IIIA, VA и VIA группах соответственно. Однозначно можно заключить, что элемент *D* не алюминий, так как его сульфид разлагается в водной среде, тогда и элементы *E, G* располагаются не в 3 периоде. Аналогично в качестве элемента *D* не подходит и галлий, так как и его сульфид полностью гидролизует. Тогда с учетом ограничения на порядковый номер элементов подходит индий, а элементы *E, G* находятся в 5 периоде. Однако это не общеизвестный факт, поэтому оставим пока открытым вопрос о элементе *D*. По представленному свойству элемента *E* можно утверждать, что он является амфотерным элементом, такому условию удовлетворяет сурьма, а не мышьяк, что можно определить по диагональному сходству элементов. Тогда элементами *D, E, G* являются индий, сурьма и теллур. Правильность рассуждений подтверждает и формула теллуровой кислоты H_6GO_6, H_6TeO_6 . Образование кислот такого типа не характерно для серы, что является общеизвестным

фактом. Селен во многом похож на серу по свойствам, поэтому и он не подходит, тогда с учетом ограничения на порядковый номер – единственным вариантом элемента G остаётся теллур.

Реакция, представленная для элемента А не является общеизвестной каждому школьнику, поэтому определение этого элемента стоит оставить на последок. Учитывая, что он проявляет степень окисления +2, имеет наибольший порядковый номер среди остальных пропущенных элементов, а так же образует нейтральные аммиачные комплексы, единственным разумным вариантом остаётся барий.



Атомные радиусы указанных элементов возрастают в следующем порядке:



Система оценивания.

Определение каждого элемента – по 1 баллу. Итого 5 баллов.

Электронные формулы каждого элемента – по 0,5 баллов. Итого 2,5 балла.

Верный ряд элементов по возрастанию атомного радиуса – 2,5 балла.

Итого 10 баллов за задачу.

№11-2 Некоторый белый блестящий металл **А**, отличающийся большой твёрдостью и хрупкостью может реагировать с фтором при высокой температуре и давлении (реакция 1) с образованием красного аморфного продукта **Б** с массовой долей металла **А** 35,374 %.

Если металл **А** нагревать с серой (реакция 2), то образуется вещество **В** тёмно-коричневого цвета, которое гидролизуетс водой (реакция 3) с образованием аморфного серо-зелёного осадка **Г** и выделением газа **Д**. При действии избытка раствора гидроксида калия на полученный осадок **Г** он растворяется с образованием раствора изумрудно-зелёного цвета, содержащий вещество **Е** (реакция 4). Если на щелочной раствор **Е** подействовать концентрированной перекисью водорода (реакция 5), то цвет раствора сменится на желтый из-за образования соли **Ж**, а при дальнейшем добавлении избытка серной кислоты раствор снова меняет цвет на оранжевый (реакция 6) с образованием соли **З**. При добавлении к сернокислому раствору соли **З** нитрита натрия (реакция 7) цвет раствора меняется вновь.

1) Определите элемент **А** и запишите его электронную формулу.

2) Напишите уравнения реакций 1–7.

Решение.

1) По тексту задания, цветам соединений и растворов, можно однозначно определить, что речь идёт о соединениях хрома. Если по цветам растворов не удаётся определить основной элемент, это можно сделать используя массовую долю фтора в веществе **Б**, которое является бинарным.

$$\omega(\text{F}) = 1 - \omega(\text{A}) = 0,64626 = \frac{n \cdot Ar(\text{F})}{Mr(\text{Б})}$$

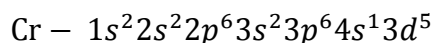
Из вышеуказанного уравнения легко можно выразить молярную массу **Б**.

$$Mr(\text{Б}) = \frac{n \cdot Ar(\text{F})}{0,64626}$$

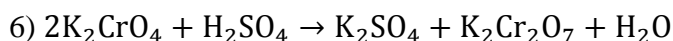
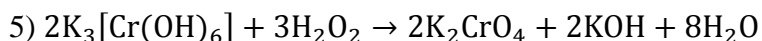
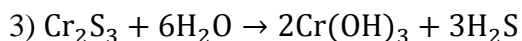
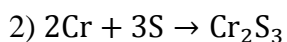
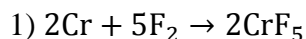
Перебором значений n (количество атомов фтора в соединении) определим молярную массу **Б** и относительную атомную массу металла **А**.

Количество атомов фтора	Значение $Mr(\text{Б})$	$Ar(\text{А})$
1	29,4	10,4
2	58,8	20,8(\approx Na)
3	88,2	31,2(\approx P)
4	117,6	41,6
5	147	52(Cr)

Единственным целым и разумным значением $Mr(\text{Б})$ является 147, которому соответствует соединение CrF_5 .



2) Запишем уравнения реакций



Система оценивания.

1) Определение металла **А** – 2 балла.

Электронная формула элемента **А** – 1 балл. Итого 3 балла.

2) Уравнения реакций 1–7 – по 1 баллу. Итого 7 баллов.

Итого 10 баллов за задачу.

№11-3 При восстановлении бензола натрием в жидком аммиаке в присутствии этанола образуется углеводород **А**, который при окислении сернокислым раствором перманганата калия (реакция 1) образует лишь 1 органический продукт – предельную карбоновую кислоту **Б**, которая реагируя с избытком гидроксида натрия (реакция 2) образует соль, с массовым содержанием натрия 31,08 %.

1) По данным задачи определите молекулярную формулу натриевой соли кислоты **Б** и структурную формулу кислоты **Б**.

2) Определите структуру углеводорода **А**.

3) Напишите уравнения реакций 1 и 2.

4) Приведите структурную формулу ещё одного углеводорода, основным продуктом окисления которого сернокислым раствором перманганата калия была бы кислота **Б**.

Решение.

1) Предположим, что кислота одноосновная, тогда её общая формула может быть записана как $C_nH_{2n+1}COOH$, а её соли – $C_nH_{2n+1}COONa$.

Тогда можем рассчитать молярную массу соли кислоты **Б**.

$$M(C_nH_{2n+1}COONa) = \frac{23}{0,3108} = 74$$

Запишем молярную массу соли в общем виде и составим уравнение.

$$12n + 2n + 1 + 12 + 32 + 23 = 74$$

$$14n + 68 = 74$$

$$n = 0,4286$$

Такое значение n не подходит по смыслу задачи (оно изначально предполагалось натуральным).

Тогда можно предположить, что кислота двухосновная, тогда её общая формула будет $HOOC C_nH_{2n}COOH$, а соли – $NaOOC C_nH_{2n}COONa$.

Вычислим её молярную массу.

$$M(NaOOC C_nH_{2n}COONa) = \frac{2 \cdot 23}{0,3108} = 148$$

По аналогии с предыдущим случаем составим уравнение.

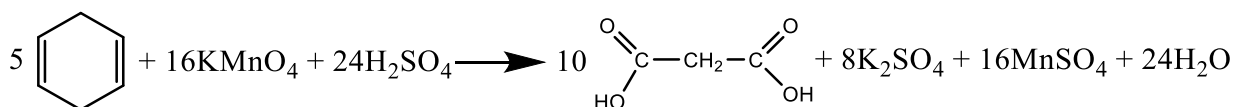
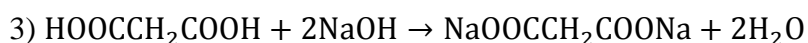
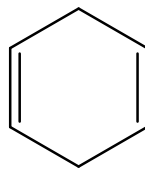
$$23 + 32 + 12 + 14n + 12 + 32 + 23 = 148$$

$$14n + 134 = 148$$

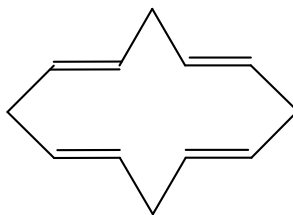
$$n = 1$$

Тогда формула соли $NaOOCCH_2COONa$, а кислоты $HOOCCH_2COOH$.

2) Логично предположить, что при восстановлении бензола шестичленный цикл сохранится, тогда углеводород **A** содержит цикл из 6 атомов углерода. Если образуется лишь 1 продукт окисления, то углеводород **A** является симметричным, а учитывая наличие двух карбоксильных групп можно предположить, что в **A** содержится 2 двойные связи. Условию задачи будет удовлетворять следующий вариант.



4) Малоновую кислоту при окислении может образовывать следующий углеводород.



Система оценивания.

1) Молекулярная формула соли – 1 балл.

Структурная формула кислоты – 2 балла. Итого 3 балла.

Примечание: в решении задачи участнику необязательно приводить расчёты формулы натриевой соли, так как есть 2 способ решения. Участник мог знать реакцию восстановления аренов по Бёрчу, тогда структура углеводорода **A** становится очевидной – это циклогексадиен-1,4, однозначно определяется в таком случае и формула кислоты **B**. Любое из решений, приводящее к верным структурам **A** и **B** оценивается полным баллом.

2) Структурная формула **A** – 2 балла.

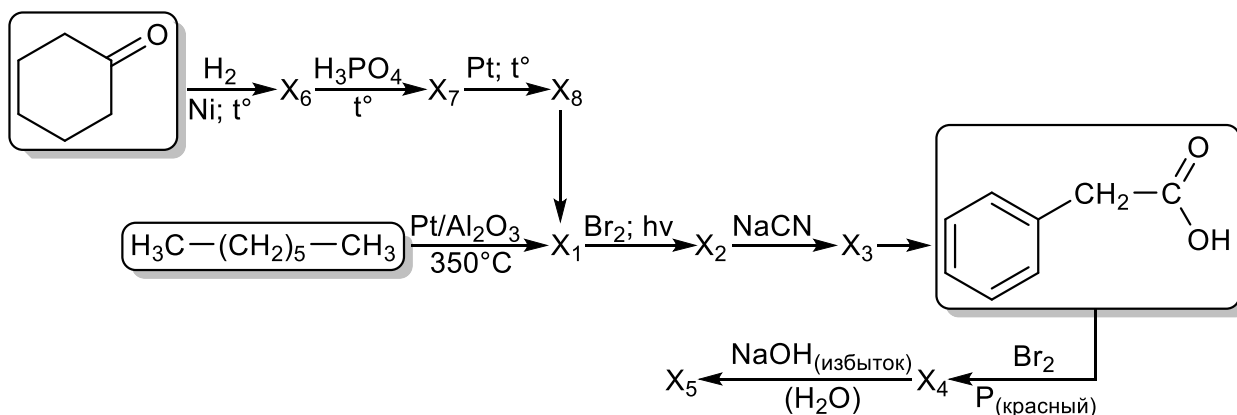
3) Уравнение реакции окисления **A** – 2 балла.

Уравнение реакции нейтрализации кислоты **B** – 1 балл. Итого 3 балла.

4) Структурная формула углеводорода – 2 балла. Если в качестве примера приведён циклопропен – 1 балл вместо двух.

Итого 10 баллов за задачу.

№11-4 Дана следующая цепочка превращений:



1) Напишите уравнения всех описанных реакций.

Решение.

Каталитическое дегидрирование *n*-гептана, исходя из условия задачи, приводит к образованию толуола (метилбензола) (уравнение реакции 1).



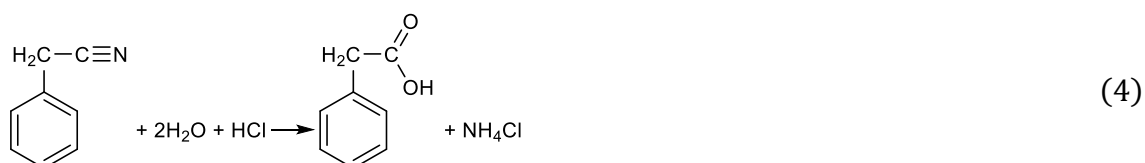
Галогенирование толуола на свету – процесс радикального замещения S_R , который протекает в боковой цепи с образованием (бромметил)бензола (уравнение реакции 2).



Взаимодействие (бромметил)бензола с цианидом натрия – процесс нуклеофильного замещения, который приводит к образованию 2-фенилацетонитрила (уравнение реакции 3).



Для того, чтобы получить 2-фенилуксусную кислоту из 2-фенилацетонитрила, необходимо провести реакцию гидролиза (уравнение реакции 4).

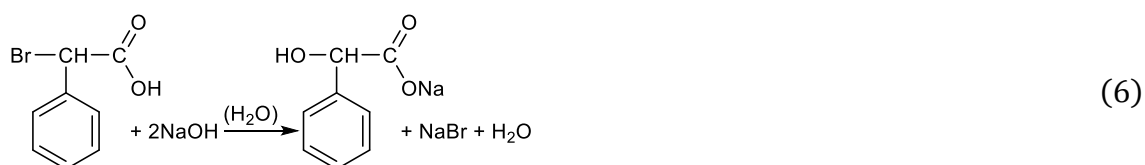


В присутствии красного фосфора протекает реакция α -бромирования 2-фенилуксусной кислоты с образованием 2-бром-2-фенилуксусной кислоты (уравнение реакции 5).



Обратите внимание, что взаимодействие 2-бром-2-фенилуксусной кислоты с гидроксидом натрия протекает в избытке щелочи. Поэтому помимо нейтрализации карбоксильной группы будет протекать и реакция нуклеофильного замещения, приводящая к замещению брома гидроксигруппой.

Продукт такой реакции – 2-гидрокси-2-фенилацетат натрия (уравнение реакции 6).



Гидрирование циклогексанона приводит к образованию циклогексанола (уравнение реакции 7).



В последующей реакции дегидратации циклогексанола получается циклогексен (уравнение реакции 8).



Из циклогексена по условию нужно задачи получить бензол (уравнение реакции 9).



Заключительная реакция – алкилирование по Фриделю-Крафтсу бензола с образованием толуола (уравнение реакции 10).

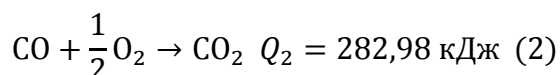
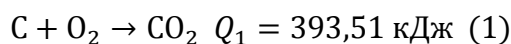


Система оценивания.

1) За каждое верно написанное уравнение реакции начисляется 1 балл (всего 10 баллов).

Итого 10 баллов за задачу.

№11-5 Известны тепловые эффекты следующих реакций.

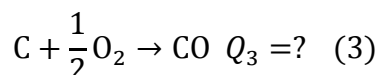


1) Линейной комбинацией приведённых в условии уравнений получите уравнение образования 1 моль угарного газа из простых веществ и вычислите тепловой эффект этой реакции.

2) Вычислите, сколько грамм воды можно нагреть от 20 до 40°C используя количество теплоты, которое выделилось в пункте 1? Теплоёмкость воды для данного интервала температур примите равной $4,2 \frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot \text{град}}$.

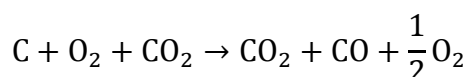
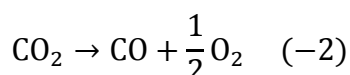
Решение.

1) Запишем уравнение искомой химической реакции.

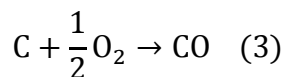


Чтобы получить уравнение (3) надо из уравнения (1) вычесть уравнение (2). Или другими словами к уравнению (1) прибавить уравнение (2), умноженное на -1.

$$(3) = (1) + (-2)$$



Сократим последнее уравнение.



Чтобы получить тепловой эффект реакции (3), сделаем те же самые операции с тепловыми эффектами.

$$Q_3 = Q_1 - Q_2 = 393,51 - 282,98 = 110,53 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

2) Количество теплоты, необходимое для нагревания тела может быть вычислено по формуле $Q = C_{\text{уд}} \cdot m \cdot \Delta t$

Запишем уравнение.

$$110530 = 4,2 \cdot m \cdot (40 - 20)$$

$$m = \frac{110530}{4,2 \cdot 20} = 1315,8 \text{ г}$$

Система оценивания.

Запись искомого уравнения – 1 балл.

Получение уравнения образования угарного газа путём линейной комбинации исходных уравнений – 3 балла.

Расчёт теплового эффекта образования угарного газа – 2 балла.

Расчёт массы воды – 4 балла.

Итого 10 баллов за задачу.