



Кировское областное государственное автономное образовательное
учреждение дополнительного образования
«ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОДАРЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ»

ХИМИЯ, 2024

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по проверке и оценке решений
муниципального этапа
всероссийской олимпиады школьников
ПО ХИМИИ

в Кировской области
в 2024/2025 учебном году



**Киров
2024**

Печатается по решению предметно-методической комиссии регионального этапа всероссийской олимпиады школьников по химии

Задания, решения и методические указания по проверке и оценке решений муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по химии в Кировской области в 2024–2025 учебном году / Сост. И. М. Алалыкина, М. А. Бакулева, И. Д. Кормщиков, П.П. Крюков, В.Е. Мельников// Под ред. А. В. Захарова, И. А. Токаревой. – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2024. – 38 с.

Авторы, составители

Алалыкина И. М.	методист КОГАОУ ДО ЦДООШ;
Бакулева М. А.	методист КОГАОУ ДО ЦДООШ;
Кормщиков И. Д.	педагог дополнительного образования КОГАОУ ДО ЦДООШ;
Крюков П.П.	студент федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»;
Мельников В. Е.	студент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»;
Рецензенты:	
Захаров А. В.	старший преподаватель кафедры биотехнологии ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»;
Токарева И. А.	старший преподаватель кафедры менеджмента и товароведения ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России.

Подписано в печать 11.11.2024

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага типографская. Усл. печ. л. 2,2

Тираж 213 экз.

© Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования «Центр дополнительного образования одаренных школьников», Киров, 2024.

© Алалыкина И.М., Бакулева М. А., И. Д. Кормщиков, П.П. Крюков, В.Е. Мельников, 2024.

**Вниманию заведующих Р(Г)УО,
методистов и председателей жюри олимпиады**

1. Перед проверкой решений задач (пока участники выполняют задания и оформляют работы) членам жюри необходимо решить задачи самостоятельно (без использования «РЕШЕБНИКА»), чтобы вникнуть в содержание каждой задачи, её решение и балловую оценку. Это позволит своевременно исправить ошибки и опечатки, которые составители могли не заметить при подготовке данного пособия.

2. Работы участников должны быть переданы председателю жюри в зашифрованном виде. Шифрованием работ участников занимается специально назначенный представитель оргкомитета.

**Только после подведения итогов представитель оргкомитета рас-
шифровывает работы.**

3. Продолжительность олимпиады по химии в 2024–2025 учебном году составит для учащихся 7-8-х классов – 2 астрономических часа (120 минут), для учащихся 9-11 классов – 3 астрономических часа (180 минут).

Общие положения

Настоящие методические рекомендации предназначены для членов жюри муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по химии в Кировской области в 2024–2025 учебном году при оценке и разборе решений задач.

Они также могут быть использованы учителями при обучении школьников решению усложненных задач на факультативных и кружковых занятиях, в инновационных классах и школах на уроках химии. Предлагаемые в пособии задачи в основном могут быть решены при помощи знаний, полученных из школьного курса химии. В то же время имеются задачи, требующие знаний из смежных школьных предметов (например, физики или математики), дополнительного материала, химической эрудиции.

Приводимые в настоящем пособии варианты решений задач не являются единственными, и учащимся вовсе не обязательно решать задачи предложенными в брошюре способами, они имеют право выбрать свой оригинальный метод решения. Если предложенный учеником вариант решения логически верен и приводит к правильным результатам, то он должен быть оценен максимальным числом баллов, указанным в данном пособии!

Оценка решения каждой задачи основана на подразделении его по логическим этапам. Каждому этапу присваивается определенная «цена» в баллах, а общая оценка за задачу определяется суммированием числа баллов за отдельные этапы. Максимальное число баллов за задачу – 25. Если ученик приводит решение, аналогичное предложенному в брошюре, но при этом выполняет какой-либо этап не полностью, то за этот этап дается пропорциональная доля от его «цены» с точностью до 1 балла.

Олимпиада не является обычной контрольной работой, а имеет цель выявить одаренных школьников, имеющих нестандартное мышление, широкий кругозор и эрудицию. Сам факт, что школьник участвует в олимпиаде, говорит о том, что он является одним из лучших в классе, школе, районе. Это должно быть доведено до сведения каждого ученика, участвующего в олимпиаде.

СЕДЬМОЙ КЛАСС

В 2024 году исполняется 300 лет

Российской академии наук.

На протяжении трех столетий Академия наук славится великими учеными, изобретателями, смелыми новаторами.

Многие выдающиеся открытия и достижения, оказавшие огромное влияние на научно-технический прогресс и благополучие всего человечества, сделаны в стенах Академии наук:

от исследования глубин океана – до покорения просторов бескрайнего космоса.



Достижениям Академии наук в области химии посвящен комплект задач.

Задача 7–1. «Именная посуда». Каждый ученик, изучающий химию, знает, что такое химическая посуда. Часть используемой в лаборатории посуды является именной, т. е. названа по фамилии ученых, впервые сконструировавших подобную посуду.

Задания:

1. Внимательно рассмотрите рисунок и прочитайте комментарии к нему. Заполните матрицу кроссворда. Запишите фамилию ученого, в честь которого названа посуда под каждой цифрой.

2. На рисунке лаборатории спрятана колба без номера, которая названа в честь русского химика-органика, академика Академии наук СССР, возглавлявшего Институт органической и физической химии Казанского научного центра. Из букв, которые находятся в выделенных ячейках, составьте его фамилию.

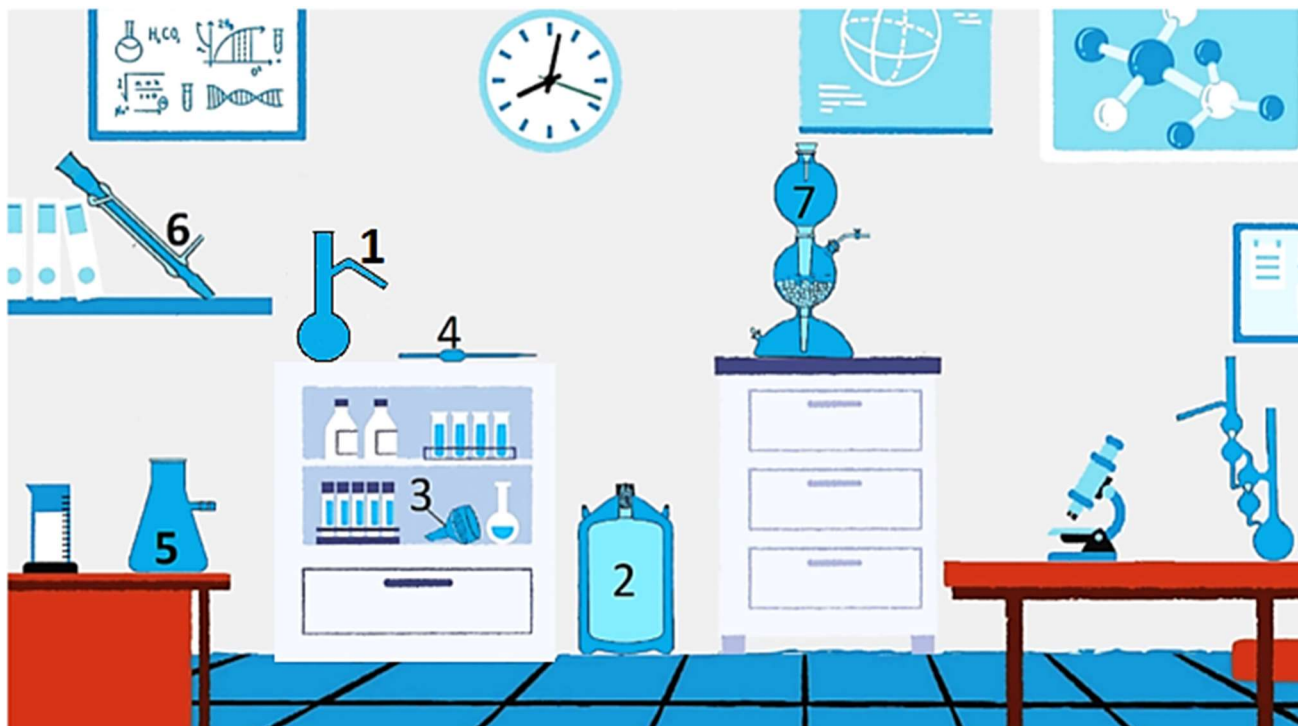
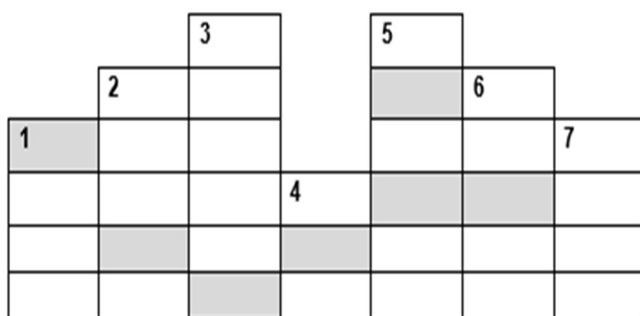


Рисунок лаборатории



Комментарии к рисунку:

1. Круглодонная колба с припаянной к горлу стеклянной отводной трубкой. Используется как составная часть прибора для перегонки.

2. Сосуд для длительного хранения веществ при повышенной или пониженной температуре.

3. Фарфоровая воронка с фарфоровой сеткой для фильтрования жидкостей при пониженном давлении.

4. Пипетка для отбора точного объема жидкости. Интересно, что она не имеет шкалы, а только одну отметку, указывающую номинальный объем.

5. Толстостенная колба конической формы. В верхней части имеет отро-сток для соединения с вакуумным насосом.

6. Прибор для охлаждения и конденсации паров.

7. Прибор (аппарат), служащий для получения газов действием жидкостей на твердые вещества.

Задача 7–2. «Сухое горючее». Иногда в школьной лаборатории как замену спиртовке используют сухое горючее, основой которого является вещество **X**. Вещество **X** впервые синтезировано в 1859 году русским химиком-органиком, академиком и заслуженным профессором Петербургской академии наук Александром Михайловичем Бутлеровым.

Вещество **X** состоит из трех элементов-органогенов – это химические элементы, входящие в состав всех органических соединений и составляющие около 98% массы клетки. Элемент **Б** не имеет «постоянной прописки» в периодической таблице. **А** и **В** элементы второго периода, сумма относительных атомных масс элементов **А** и **В** равна 26. Общее количество атомов в веществе **X** равно 22. Количество атомов элемента **Б** в 3 и в 2 раза больше, чем атомов элементов **В** и **А** соответственно. Также известно, что относительная плотность вещества **X** по водороду равна 70.

Задания:

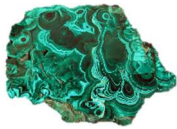
1. Определите элементы **А**, **Б**, **В**.
2. Установите формулу вещества **X**. Ответ подтвердите расчетом.
3. Решите ребус и запишите название **вещества X**.



4. Приведите формулы двух бинарных газообразных веществ, которые состоят из таких же элементов, что и вещество **X**, относительные молекулярные массы, которых отличаются на единицу.

Задача 7–3. «Минералы». Урал – сокровищница России. Несметное количество минералов хранят в себе эти могучие горы. Над исследованием уральских минералов работал выдающийся минеролог и геохимик Александр Евгеньевич Ферсман - профессор, академик РАН и вице-президент Академии наук СССР.

Ниже перечислен ряд минералов и их характеристик.

Элемент	Характеристика
А. Малахит $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ 	1. Минерал используют для производства огнеупорных материалов. Массовая доля металла – 28,6%
Б. Галенит PbS 	2. Данный минерал является одной из кристаллических модификаций кремнезёма, который в античные времена называли «самой чистой водой».
В. Пирит FeS_2 	3. Данный минерал имеет один небольшой секрет – при нагревании этот изысканно красивый минерал образует вещество с чесночным запахом.
Г. Горный хрусталь SiO_2 	4. Известно, что при обжиге этого минерала образуется газ, имеющий запах жженных спичек, и твердый оксид металла. С использованием основных карбонатов данного металла несколько веков назад изготавливали белые пигменты.
Д. Эритрин $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 	5. Название минерала происходит от греческого слова «σφαλερός», что означает «обманчивый». Название связано с трудностью определения минерала, так как его часто путали с галенитом.
Е. Уваровит $\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$ 	6. Минерал почти на 72% состоит из оксида металла. Название происходит от древнегреческих слов «мягкий» и «мальва», так как рисунок на срезе минерала напоминал листья мальвы.
Ж. Сфалерит ZnS 	7. Многоликий минерал... Французы называли его «альпийским алмазом», испанцы «золото инков», американцы «золото дураков»
З. Магнезит MgCO_3 	8. Атомные доли элементов (%) в минерале соответственно равны: 15:10:15:60

Задания:

1. Укажите попарными сочетаниями букв и цифр, какие характеристики более всего соответствуют определенному минералу.

2. Напишите уравнения разложения минералов, зашифрованных в пунктах 4 и 6.

3. Напишите названия по систематической номенклатуре минералов, которые состоят из двух элементов.

Задача 7–4. «Растворы».

*«Наука начинается с тех пор, как начинают измерять.
Точная наука нелегима без меры»
Д.И. Менделеев*

Дмитрий Иванович Менделеев один из выдающихся ученых XIX века. Ему удалось добиться выдающихся результатов не только в области химии и физики, но и метрологии, метеорологии, экономики, воздухоплавания, сельского хозяйства, химической технологии и народного просвещения.

Менделеев был основоположником современной метрологии, в частности – химической метрологии. Создал точную теорию весов, разработал наилучшие конструкции коромысла и арретира, предложил точнейшие приёмы взвешивания. В 1892 году Дмитрий Иванович стал главой палаты мер и весов.

Предлагаем и Вам ощутить дух той эпохи и побыть немного ученым-исследователем. Всем известное антисептическое средство спиртовой раствор йода, согласно рецептуре, готовится следующим образом:

Активное вещество: Иод – 50 г

Вспомогательные вещества: Калия иодид – 20 г,
этанол 95% – 400 мл, вода очищенная – довести объем до 1 л

Задания:

1. Вам необходимо рассчитать массы навесок йода и иодида калия, а также объем 95% этилового спирта для приготовления 200 мл аптечного раствора йода плотность, которого принять равной $0,938 \text{ г/см}^3$.

2. Какое наименьшее число переливаний потребуется, чтобы отмерить рассчитанный объем спирта при помощи только двух мерных колб объемом 50 и 90 мл. Ответ представьте в виде таблицы.

Этап решения	Сосуд 50 мл	Сосуд 90 мл	Сосуд для раствора
До переливания			
1 переливание			
...			

3. Можно ли точно рассчитать необходимый объем воды для приготовления данного раствора? Если вы считаете, что это возможно сделать – ответ подтвердите расчётом, если считаете, что это сделать невозможно, то в ответе напишите почему.

Справочные данные: Плотность раствора этанола 95% = $0,804 \text{ г/см}^3$, плотность дистиллированной воды 1 г/см^3 .

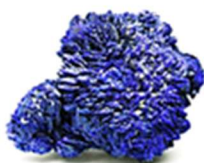
ВОСЬМОЙ КЛАСС

Задача 8–1 «Минералы». Урал – сокровищница России. Несметное количество минералов хранят в себе эти могучие горы. Над исследованием уральских минералов работал выдающийся минеролог и геохимик Александр Евгеньевич Ферсман – профессор, академик РАН и вице-президент Академии наук СССР.

При изучении минералов Урала, удалось установить состав трех ярких синезеленых образцов.



Малахит



Азурит



Лазурит

Из записей лабораторного журнала А.Е. Ферсмана о минералах известно:

Минерал 1 – малахит: хрупкий минерал ярко-зелёного цвета со стеклянным блеском, легко перетирается в зеленый порошок. При нагревании чернеет. Весовые доли элементов: $\omega(\text{C}) = 5,43\%$; $\omega(\text{H}) = 0,91\%$; $\omega(\text{Cu}) = 57,48\%$; $\omega(\text{O}) = 36,18\%$.

Минерал 2 – азурит: тяжелый минерал синего цвета со стеклянным блеском, хрупкий, спайность совершенная, излом раковистый, перетирается в ярко-синий порошок. При нагревании превращается в черный порошок. Качественный состав аналогичен минералу 1. Весовые доли элементов: $\omega(\text{C}) = 6,97\%$; $\omega(\text{H}) = 0,58\%$; $\omega(\text{O}) = 37,13\%$. Со временем минерал азурит зеленеет, превращаясь в малахит.

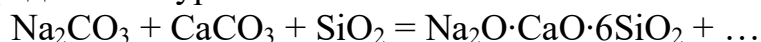
Минерал 3 – лазурит: камень насыщенного синего цвета с желтовато-белыми крапинками и прожилками силикатов. Весовые доли элементов: $\omega(\text{Al}) = 11,33\%$; $\omega(\text{Na}) = 9,66\%$; $\omega(\text{S}) = 13,46\%$; $\omega(\text{Si}) = 11,80\%$.

Задания:

1. Установите формулы минералов. Ответ подтвердите расчетами.
2. Напишите уравнения реакций разложения малахита и азурита. Известно, что при разложении каждого из них образуется по три оксида.
3. Составьте уравнение реакции превращения азурита в малахит. Участником этого превращения является вода.
4. Минералы азурит и малахит растворяются в серной кислоте. Составьте соответствующие уравнения реакций.
5. Если нагревать чёрный порошок, полученный при разложении минералов, в потоке водорода, то он приобретает розово-красный цвет. Составьте уравнение реакции.

Задача 8–2. «Стекло». Михаил Васильевич Ломоносов – русский ученый-естествоиспытатель и энциклопедист, действительный член Императорской академии наук. Одним из достижений М.В. Ломоносова является разработка составов и рецептов приготовления стекла.

Стекло – один из самых древних и, благодаря разнообразию своих эксплуатационных свойств, универсальный материал. Основным компонентом стекла являются оксиды, реже фториды и фосфаты. Процесс изготовления оконного стекла можно представить уравнением:

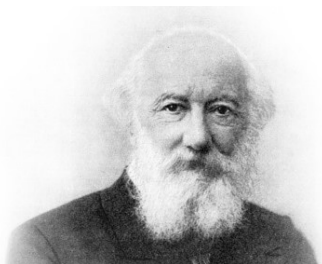


Задания:

1. Закончите уравнение реакции, расставьте коэффициенты.
2. Приведите тривиальные названия веществ, которые используются в качестве сырья при производстве стекла.
3. Вычислите массы исходных веществ, необходимые для изготовления 100 кг стекла.

Задача 8–3. «Термит».

*Однажды в кабинет Бекетова вбежал взволнованный слуга:
— Николай Николаевич! В вашей библиотеке воры!
Ученый с трудом оторвался от расчетов:
— И что же они, интересно, читают?..*



Николай Николаевич Бекетов — русский химик, академик Императорской академии наук, металлург. Н.Н.Бекетов разработал теоретические основы металлотермии — метода получения металлов и сплавов. 28 марта 1865 года Н.Н. Бекетов защитил докторскую диссертацию «Исследования над явлениями вытеснения одних металлов другими». На основании проведенных экспериментов им был

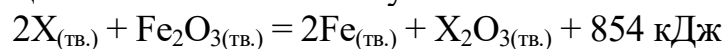
составлен «вытеснительный ряд металлов», названный позднее рядом активности. В соответствии с положением металлов в этом ряду происходит их взаимовытеснение. Металл, стоящий в ряду активностей левее (более активный), вытесняет металл, стоящий в ряду активностей правее (менее активный), из его соединений.

Н.Н.Бекетов в качестве наиболее сильных восстановителей расположил в начале ряда щелочные металлы, магний, а также металл «глиний». Вот как Н.Н.Бекетов описывает один из своих опытов: «Я взял безводную окись бария и, прибавив к ней некоторое количество хлористого бария, как плавня, положил эту смесь вместе с кусками глиния в угленой тигель и накаливал его несколько часов...».

Примерный «вытеснительный» ряд Н.Н. Бекетова выглядел следующим образом:

Li	Ca	Na	Mg	Al	B	Mn	Cr	Zn	Fe	Cd	Ni	Pb	H ₂	Cu	Hg	Ag	Si	Au
----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----------------	----	----	----	----	----

Предложенный Н.Н. Бекетовым метод получения металлов в результате взаимовытеснения незаменим в практической деятельности. Например, активность металлов учитывается при сварке рельсов, проводов, труб, металлических конструкций. Для соединения рельсов в место стыка засыпается смесь под названием «термит», которая состоит из оксида железа(III) и «глиния». Смесь поджигается и буквально за минуту рельсы свариваются. В приведенном термохимическом уравнении данной реакции глиний обозначен буквой X:



Задания:

1. Какой элемент во времена Н.Н. Бекетова называли «глиний»? Приведите его современное название и химический знак. Известно, что в ядре атома «глиния» находится 13 протонов.

2. Составьте уравнение, описанной Н.Н.Бекетовым, реакции между окисью бария и «глинием».

3. По ряду активности определите, возможно ли с помощью «глиния» восстановить хром, кремний и бор из их оксидов? Составьте уравнения возможных реакций.

4. Вычислите количество теплоты, которое выделяется при сварке, если для формирования сварного шва требуется 70 г железа.

5. Кроме магния и «глиния» для восстановления металлов частоиспользуется еще один распространенный металл, который входит в состав костей и зубов. О каком металле идет речь?

Задача 8–4. «Опыты». Для проведения лабораторной работы восьмиклассникам выдали образцы пяти веществ. Все вещества – порошки белого цвета: поваренная соль, пищевая (питьевая) сода, негашёная известь, гашёная известь, мел. Выданные образцы были пронумерованы. При проведении опытов вещества нагревали, насыпали в воду, обрабатывали уксусной кислотой. Результаты исследований представлены в таблице.

№ образца	Отношение вещества к нагреванию	Поведение образца в воде	Отношение вещества к уксусной кислоте
1	Количество вещества немного уменьшается, но при этом цвет и агрегатное состояние не меняется	Вещество практически не растворяется	Бурное выделение газа без цвета и запаха
2	Вещество практически не изменяется	Кристаллики хорошо растворяются в воде	Изменений не наблюдается
3	Вещество практически не изменяется, при очень сильном нагревании на холодных стенках пробирки появляются капельки воды	Вещество малорастворимо в воде. При добавлении избытка вещества в воду образуется суспензия, похожая на молоко	Наблюдается разогревание реакционной смеси. При добавлении избытка кислоты раствор становится полностью прозрачным
4	При нагревании изменений не наблюдается	При соприкосновении частичек вещества с водой наблюдается сильное разогревание. Продукт реакции малорастворим в воде.	Наблюдается разогревание реакционной смеси. При добавлении избытка кислоты раствор становится полностью прозрачным
5	При нагревании на холодных стенках пробирки появляются капельки воды	Частички вещества растворяются в воде	Бурное выделение газа без цвета и запаха

Задания:

1. Определите, какие вещества соответствуют выданным образцам, приведите формулы и химические названия.
2. Составьте там, где необходимо, уравнения реакций, протекающих при нагревании, растворении веществ и их взаимодействии с уксусной кислотой.

ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

Задача 9–1. «Запах раков». Вещество **А** ответственно за появление характерного «запаха свежести» после грозы. Д.И. Менделеев, однако, описывал запах этого вещества как «запах раков». Впервые вещество **А** было получено при пропускании электрического разряда через воздух (*реакция 1*).

Вещество **А** нашло применение в промышленности для дезинфекции воды. Его получают из воздуха или из вещества **Б** ($D_{Ar}(B) = 0,801$). Большой вклад во внедрение вещества **А** в промышленность внес Лунин Валерий Васильевич – профессор, доктор химических наук, Академик РАН, признанный во всём мире специалист в области гетерогенного катализа и физической химии поверхности. В лабораторных условиях **А** можно получить взаимодействием пероксида бария **В** с холодной концентрированной серной кислотой (*реакция 2*). Для обнаружения вещества **А** используют влажную иодкрахмальную бумагу, которая синееет в его присутствии (*реакция 3*).

Дополнительно известно, что **А** является сильным окислителем. Так, при взаимодействии с серой образуется бесцветная жидкость **Г** (*реакция 4*), а в реакции с серебром твердое вещество **Д** черного цвета (*реакция 5*), содержащее два атома серебра ($\omega(Ag) = 87,08\%$). Интересным является взаимодействие вещества **А** с основаниями. При взаимодействии вещества **А** с гидроксидом калия образуется красное бинарное вещество **Е** ($\omega(O) = 55,11\%$) (*реакция 6*), а реакция с аммиаком приводит к образованию белого соединения **Ж** ионного строения (*реакция 7*), которое широко применяется в сельском хозяйстве и пиротехнике.

Задания:

1. Укажите вещества **А – Ж**. Ответ представьте в формате «буква-формула» и подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций.
3. Какое экологическое значение имеет **А**? Предположите причину появления этого явления.

Задача 9–2. «Глиний». Элемент **А** является одним из самых распространенных в земной коре. Только за 2024 год было получено 48 млн. тонн простого вещества элемента **А**, но так было не всегда – раньше вещество **А** было дороже золота.

Впервые **А** был получен при взаимодействии его хлорида **Б** с амальгамой калия при нагревании (*реакция 1*). Данный способ был непрактичен, поэтому методы получения **А** постоянно совершенствовались. С течением времени электричество стало более доступным, что позволило разработать электрохимический метода получения **А**. Производство вещества **А** в нашей стране удалось создать под руководством Александра Александровича Яковкина – советского химика-технолога, доктора химических наук, члена-корреспондента Академии наук СССР. Позднее исследования наших соотечественников (П.П. Федотьев, К.И. Байер, А.А. Яковкин) получили мировую известность и сыграли большую роль в развитии мировой промышленности **А**.

Электрохимическому методу предшествует процедура подготовки сырья. Для этого берут низкосортную руду оксида **В** ($\omega(\text{O}) = 47,07\%$) с высоким содержанием примеси кремнезема и дегидратируют при высокой температуре. Затем полученную массу растворяют в концентрированном растворе гидроксида натрия при нагревании и повышенном давлении, при этом **В** переходит в растворимый комплекс **Г** (реакция 2), а кремнезем в растворимую соль **Д** (реакция 3). Для очистки от **Д** к раствору добавляют гашеную известь, осаждая белое вещество **Е** (реакция 4). Очищенный раствор комплекса **Г** разбавляют водой и продувают углекислый газ для разложения **Г** с целью получения осадка **Ж** (реакция 5). Полученное вещество прокаливают при высокой температуре и получают чистый оксид **В** (реакция 6), который в свою очередь подвергают электролизу в расплаве для получения **А** (реакция 7). Электролитом в данном процессе является комплекс **З**, который получают взаимодействием вещества **Ж** с плавиковой кислотой в присутствии карбоната натрия (реакция 8).

Задания:

1. Установите вещества **А** – **З**. Ответ представьте в формате «буква-формула» и подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций.
3. Предположите почему вещество **З** применяется при электролизе **В**.

Задача 9–3. «Уравнение Менделеева-Клапейрона». Трудно недооценить уникальность работ Дмитрия Ивановича Менделеева. Кроме создания Периодического закона, одним из его достижений является вычисление значения универсальной газовой постоянной R ($8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$), которая послужила последним связующим звеном в создании уравнении состояния идеального газа:

$$pV = nRT$$

В этом уравнении: p – давление (Па), V – объем (м^3), n – количество вещества (моль), R – универсальная газовая постоянная ($8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$), T – тем-

п
е Это уравнение позволяет довольно точно находить взаимосвязь между основными параметрами газов и используется для установления качественного и количественного состава газов и их смесей. В пищевой промышленности широко используется газовая смесь под названием «упаковочный газ». Известно, что плотность этой смеси при 17°C и $0,95 \text{ атм}$ составляет $1,308 \text{ кг}/\text{м}^3$, а в составе смеси есть те же два компонента, что и в составе выдыхаемого воздуха.

Задания:

1. Назовите еще одно любое достижение Д.И. Менделеева.
2. Что такое «идеальный газ»?
3. Чему равен объем 1 моль газа при нормальных (0°C и 1 атм) и при стандартных (25°C и 1 бар) условиях?
4. Установите качественный и количественный (в объемных долях) состав упаковочного газа.

д Справочные данные: $1 \text{ атм} = 101325 \text{ Па} = 760 \text{ мм. рт. ст.}$

у $1 \text{ бар} = 100000 \text{ Па} = 750 \text{ мм. рт. ст.}$

с

а

х

К

Задача 9–4. «Бестужевские капли».

Своего рода мастер-класс по употреблению бестужевского эликсира даёт Екатерина II:

«Я не знаю, из чего состоят эти капли. Знаю только, что я большая их поклонница и что в них входит железо. Их дают вместо хины, а я их даю во всех случаях».

Попробуйте разгадать секрет «Бестужевских капель» — «Золотого эликсира», которым постоянно пользовалась Екатерина II и рекомендовала их «во всех случаях» другим.

Если провести качественный и количественный анализ «Бестужевских» капель, то можно установить их состав. Действующее вещество А: 0,6 массовых частей; растворитель (смесь веществ): этиловый спирт – 7,2 м.ч., вода – 1,2 м.ч. и диэтиловый эфир – 4 м.ч.

При приготовлении «Бестужевских» капель после смешивания всех компонентов склянки держали на свету до совершенного обесцвечивания раствора, затем ставили их в темное место и время от времени откупоривали для доступа воздуха. Жидкость мало-помалу приобретала золотисто-желтый цвет.

Задания:

1. На основе явлений, наблюдаемых при проведении качественного анализа «Бестужевских» капель, определите действующее вещество (вещество А). Напишите уравнения всех протекающих реакций.

Реактив	Смешивание	Особенности
Раствор Na_2CO_3	Бурый осадок, выделение бесцветного газа	Осадок не растворяется в избытке NaOH
Раствор KSCN	Темно-красное окрашивание раствора	Окраска исчезает при добавлении избытка раствора фторида натрия при этом осадка не образуется
Раствор AgNO_3	Белый творожистый осадок	Осадок растворяется в избытке $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

2. На основе данных количественного анализа рассчитайте массу навески вещества А, объем диэтилового эфира, а также объем и массовую долю этанола.

Справочные данные: Плотность безводного этилового спирта $0,789 \text{ г/см}^3$, плотность диэтилового эфира составляет $0,714 \text{ г/см}^3$, плотность дистиллированной воды 1 г/см^3 .

ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

Задача 10–1. «Светоносный». Соединения элемента **X** имеют огромное значение в современном мире. Еще в древнейшие времена люди заметили, что удобрения на его основе положительно влияют на рост растений. Для увеличения урожайности в качестве удобрения в то время активно применялась костная мука, в которой элемент **X** содержится в форме минерала **B** ($\omega(X) = 18,50\%$, $\omega(Ca) = 39,89\%$, $\omega(O) = 41,41\%$, $\omega(H) = 0,2\%$). Данный минерал и сейчас служит основным сырьем для получения простого вещества **A**, имеющего молекулярное строение и образованного элементом **X**. Для этого проводится спекание **B** с коксом и кремнеземом (реакция 1). Однако, химическая технология не стоит на месте, и сейчас в качестве источника **X** для подкормки растений используются различные удобрения, технологию которых в СССР активно развивал С. И. Вольфович – основоположник технологии производства соединений элемента **X** и удобрений на его основе, доктор химических наук, академик Академии наук СССР.

Одно из основных удобрений элемента **X** представляет собой смесь двух солей (однозамещенной **C** и двузамещенной **D**) кислоты **E**, содержащей в себе элемент **X**. Для получения такой смеси через кислоту **E** пропускают газ с резким запахом **F** (содержащий элемент **Z**), имеющий относительную плотность по воздуху 0,586 (реакция 2). Кислота **E**, во свою очередь, может быть получена при кипячении бинарного соединения **G** (реакция 3), образующегося при горении **X** на воздухе (реакция 4).

Задания:

1. Установите вещества **X**, **Y** и **A–F**. Ответ представьте в формате «буква-формула» и подтвердите расчетом.
2. Для веществ **A** и **F** изобразите структурные формулы.
3. Напишите уравнения реакций.

Задача 10–2. «Формула Менделеева». Имя Д.И. Менделеева неразрывно связано с Императорской академией наук. Еще в конце XIX века Д.И. Менделеев предложил уравнение для оценки теплоты сгорания топлива по массовому содержанию (%) элементов в его составе:

$$Q(\text{кДж/кг}) = 339,3 \cdot w(C) + 1256 \cdot w(H) - 109 \cdot (w(O) - w(S)) - 25,2 \cdot (9w(H) + w(H_2O))$$

Переменными величинами в уравнении являются соответствующие массовые доли (в %) элементов (C, H, O и S) и воды. В таблице приведены усредненный состав и цена 1 кг топлива (в условных единицах):

Состав, %	C	H	O	S	H ₂ O	Цена за кг
Нефть	83	10,4	0,7	2,8	3	18,6
Уголь	55,2	3,8	5,8	3,2	8	4,5

Задания:

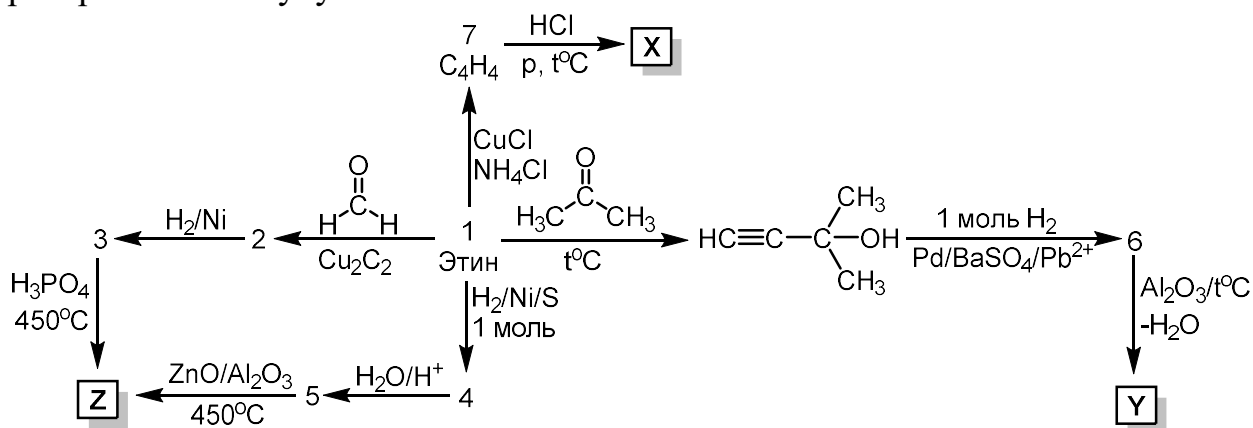
1. Используя формулу Менделеева, рассчитайте удельные теплоты сгорания (кДж/кг) простых веществ – углерода, водорода и серы.
2. С использованием данных таблицы определите, в виде какого из представленных видов топлива энергия дешевле всего.

3. Кроме нефти и угля в качестве топлива используется газ. Какой из углеводородов будет обладать наибольшей удельной (кДж/кг) теплотой сгорания? Приведите формулу углеводорода и вычислите его удельную (кДж/кг) теплоту сгорания.

4. Используя формулу Менделеева, предложите вещество, обладающее наибольшей удельной (кДж/кг) теплотой сгорания.

Задача 10–3 «Каучуки». Сергей Васильевич Лебедев – член академии наук СССР, автор промышленного способа получения синтетического каучука. Вместе с В.В. Марковниковым и А.Е. Фаворским разработал технологию промышленного производства синтетических каучуков и материалов на их основе, за что был награжден в 1931 году Орденом Ленина. Благодаря работам С.В. Лебедева удалось в кратчайшие сроки создать полный производственный цикл производства изделий из резины.

На схеме представлены основные пути промышленного синтеза самых распространенных каучуков.



Задания:

1. Напишите уравнение «реакции Лебедева».
2. Осуществите цепочку превращений. Ответ представьте в формате «цифра (буква) – структура». Дополнительно известно, что при сжигании 8,6 г вещества «2» образуется 17,586 г углекислого газа и 5,399 г воды.
3. Вещества X, Y и Z имеют тривиальные названия. Укажите их.
4. Чем известен В.В. Марковников?

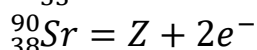
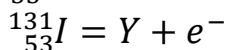
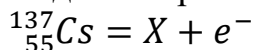
Задача 10–4. «Нитрование». В 1888 году русским ученым был открыт метод нитрования предельных углеводородов, который позднее был подробно описан в его докторской диссертации «Нитрующее действие азотной кислоты на углеводороды предельного характера».

Задания:

1. Напишите фамилию ученого, открывшего данный метод.
2. Предложите посуду, реактивы, последовательность действий для одностадийного синтеза 2-метил-2-нитробутана из предельного углеводорода.
3. Составьте уравнение синтеза 2-метил-2-нитробутана с использованием структурных формул веществ. Приведите механизм данной реакции.
4. Как подтвердить строение и состав синтезированного соединения?

ОДИННАДЦАТЫЙ КЛАСС

Задача 11–1. «Атом». 26 апреля 1986 года произошла крупнейшая техногенная катастрофа в истории человечества – авария на Чернобыльской атомной электростанции. Над ликвидацией ее последствий работали лучшие ученые, в том числе Валерий Алексеевич Легасов – действительный член Академии наук СССР, доктор химических наук, руководитель комиссии по ликвидации аварии. Он одним из первых прибыл на место аварии и предложил последовательность действий по тушению ядерного пожара и дезактивации прилегающих территорий. Позднее было установлено, что основными загрязнителями являются изотопы цезия, иода и стронция, распады которых представлены на схеме:



Задания:

1. Установите состав нуклидов, образующихся в процессе распада. Ответ представьте в формате «буква – символ элемента с указанием массового и зарядового числа».

2. Предложите, какие средства защиты можно использовать для защиты от указанного в распадах излучения?

3. Не проводя вычислений укажите, какой из изотопов распадется раньше всех? Ответ аргументируйте.

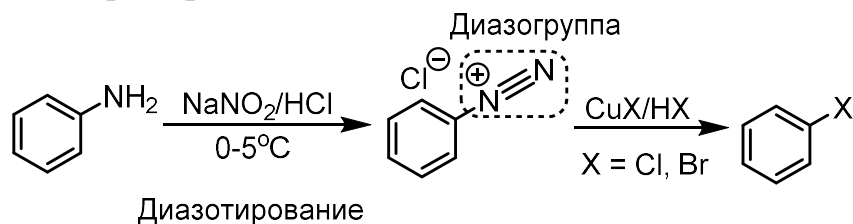
4. Периоды полураспада ${}^{137}\text{Cs}$, ${}^{131}\text{I}$ и ${}^{90}\text{Sr}$ равны 30 лет, 8 дней и 29 лет, соответственно. Вычислите, сколько процентов осталось от исходного количества нуклидов?

5. Принято считать, что вещество полностью распадается после прошествия 10 периодов полураспада. Вычислите, через сколько лет прилегающие территории окажутся пригодными для хозяйственной деятельности человека и сколько процентов от исходного количества нуклидов все еще останется в окружающей среде?

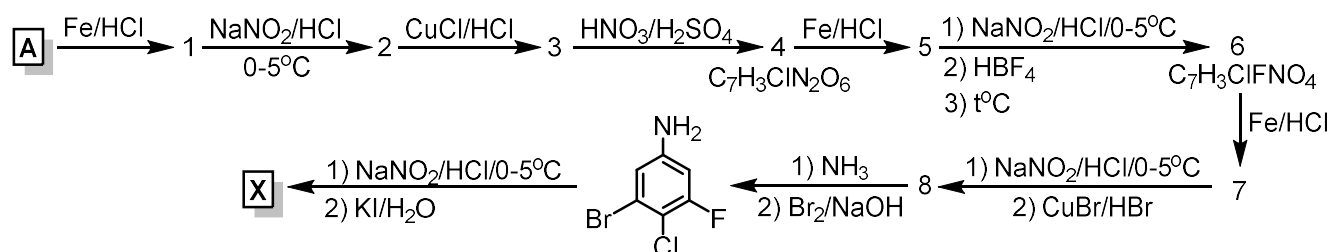
Р.С. Периодом полураспада вещества называется время, за которое половина вещества разлагается или вступает в реакцию.

Задача 11–2. «Зинин». Николай Николаевич Зинин – один из выдающихся отечественных химиков, академик Петербургской (Императорской) академии наук. Им впервые синтезирован ряд азотсодержащих ароматических соединений: анилин, бензидин и уреиды. Однако в первую очередь Н.Н. Зинин известен благодаря открытию способа восстановления нитросоединений, использование которого позволило впервые получить анилин. Сегодня эта реакция известна как реакция Зинина и находит широкое применение в промышленном производстве пигментов для окрашивания тканей.

Позднее на основе анилина удалось разработать метод диазотирования. В этом методе аминогруппа превращается в диазогруппу, которую затем можно легко заменить, например, на атом галогена:



Такая комбинация реакций позволяет вводить сразу несколько разных галогенов в ароматические системы. Ниже представлена цепочка превращений получения вещества X, содержащего сразу все галогены.



Об исходном веществе A на схеме дополнительно известно:

- Вещество A окрашивает лакмус в красный цвет.
- При сжигании 1,67 г вещества A образуется 1,568 л (при н.у.) CO₂, 0,45 мл воды в жидком состоянии и 0,112 л (при н.у.) N₂.
- Функциональные группы в составе вещества A расположены друг напротив друга.

Задания:

1. Напишите уравнение реакции Зинина на примере получения анилина.
2. Приведите структуру вещества A. Ответ подтвердите расчетом.
3. Осуществите цепочку превращений. Ответ представьте в формате «цифра-структура».

Задача 11–3 «Шафран». Минерал A, обнаруженный в 1766 году М. В. Ломоносовым, представляет собой длинные призматические или игольчатые кристаллы, цвет которых варьируется от желто-оранжевого до ярко-красного.

Первые исследования данного минерала были проведены Абраамом Готтлобом Вернером, работающим в Петербурге профессором химии. В своем исследовании, проведенном в 1766 году, он отмечал, что растворение в горячей соляной кислоте минерала A приводит к образованию зеленого раствора вещества B, содержащего ранее неизвестный элемент X, и выделению желто-зеленого газа C (реакция I). Также было обнаружено, что белый осадок, также образующийся в данной реакции, является солью элемента Y.

В 1797 году французский химик Луи Воклен смог полностью определить состав A и выделить элемент X. Для этого навеска минерала массой 1 г кипятилась с раствором поташа с образованием 0,8266 г осадка белой соли элемента Y и жел-

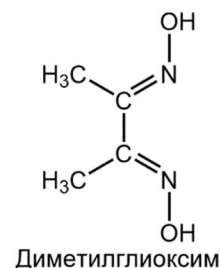
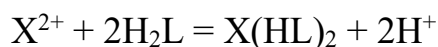
того раствора вещества **D** (*реакция 2*). При осторожном добавлении раствора серной кислоты к раствору **D** образуется оранжевый раствор **E** (*реакция 3*). При действии на кристаллы **E** концентрированной серной кислотой образуются темно-красные кристаллы соединения **F** (*реакция 4*), нагреванием которого с углем было получено простое вещество **X** (*реакция 5*), масса которого составила 0,16 г.

Задания:

1. Установите состав минерала **A**. Приведите его название.
2. Приведите формулы веществ **B-F**, **X** и **Y**. Ответ представьте в формате «буква-формула».
3. Напишите уравнения реакций.

Задача 11–4. «Хелат». Лев Александрович Чугаев известен в первую очередь как первооткрыватель ряда комплексных соединений. Будучи профессором Императорского Московского технического училища, он разработал метод определения ряда металлов в составе руд и сплавов с использованием синтезированного им «реактива Чугаева» – диметилглиоксим. На сегодняшний день реактив Чугаева используется во всем мире в качестве очень чувствительного реагента для определения ионов металла **X** в растворах.

Взаимодействие иона металла **X** с диметилглиоксимом (H_2L) можно представить так:



В результате взаимодействия иона металла **X** с реактивом Чугаева выпадает розово-красный осадок $X(HL)_2$, который затем отфильтровывают и взвешивают. После чего по уравнению реакции вычисляют содержание иона металла **X** в растворе.

Этот метод использовали для установления массовой доли металла **X** в составе сплава. Образец сплава массой 1,00 г растворили в разбавленной серной кислоте, раствор нейтрализовали и добавили раствор реактива Чугаева в присутствии аммиака. В результате выпал розово-красный осадок массой 0,288 г.

Задания:

1. Установите, об определении какого иона металла идет речь, если массовая доля азота в составе продукта взаимодействия металла и диметилглиоксима $X(HL)_2$ составляет 19,40%. Ответ подтвердите расчетом.
2. Изобразите структуру комплексного соединения $X(HL)_2$.
3. Обработайте результаты эксперимента. Напишите уравнения реакций. Вычислите массовую долю металла **X** в составе сплава.
4. Что означает название задачи?

Рекомендации к решению и оценке

Приводимые в настоящем пособии варианты решений задач не являются единственными, и учащиеся вовсе не обязаны решать задачи предложенными в брошюре способами, а имеют право выбрать свой оригинальный метод решения. Если предложенный учеником вариант решения логически верен и приводит к правильным результатам, то он должен быть оценен максимальным числом баллов, указанным в пособии!

СЕДЬМОЙ КЛАСС

Задача 7–1. «Именная посуда». Рекомендации к решению и оценке:

Зашифрованная фамилия ученого – Арбузов.

		3 б		5 б		
	2 д	ю		у	6 л	
1 в	ь	х		н	и	7 к
ю	ю	н	4 м	з	б	и
р	а	е	о	е	и	п
ц	р	р	р	н	х	п

За расшифровку матрицы кроссворда – по 3 балла, итого – 21 балл

За указание фамилии ученого – 4 балла

Максимальное число баллов за задачу – 25 баллов

Задача 7–2. «Сухое горючее». Рекомендации к решению и оценке:

1. Установите формулу вещества X.

Элемент **Б** – водород Н; **А** и **В** элементы- органогены второго периода подходят $A_r(C) = 12$ и $A_r(N) = 14$, сумма A_r равна 26. Элементы **А** – С, **Б** – Н, **В** – N.

$M_r(\text{вещества X}) = D_{H_2}(X) \cdot M_r(H_2) = 70 \cdot 2 = 140 \text{ г/моль}$

Т.к. общая сумма атомов в веществе **X** равна 22, а атомов **Н** в 3 и в 2 раза больше, чем атомов **Н** и **С** методом математического подбора приходим к результату: **Н** – 12 атомов, **Н** – 4 атомов, **С** – 6 атомов.

Проверяем:

$M_r(C_6H_{12}N_4) = 6 \cdot 12 + 12 \cdot 1 + 4 \cdot 14 = 140 \text{ г/моль}$, что соответствует условию задачи.

2. Назовите вещество X – УРОТРОПИН

3. Приведите формулы двух бинарных газообразных веществ из элементов С, Н, N можно предложить следующие газообразные бинарные вещества:

$M_r(CH_4) = 16$, $M_r(NH_3) = 17$, что соответствует условию задачи.

За определение элементов А, Б, В – по 3 балла, итого – 9 баллов

За установление формулы вещества X – 5 баллов

За расшифровку названия вещества X – 3 балла

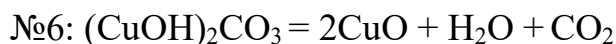
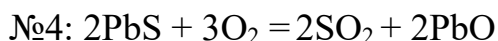
За написание формулы бинарных соединений по 4 балла, итого – 8 баллов

Максимальное число баллов за задачу – 25 баллов

Задача 7–3. «Минералы». Рекомендации к решению и оценке:

А – 6; **Б** – 4; **В** – 7; **Г** – 2;

Д – 3; **Е** – 8; **Ж** – 5; **З** – 1.



Название бинарных соединений:

Б) PbS – сульфид свинца(II)

Г) SiO_2 – оксид кремния(IV)

В) FeS_2 – дисульфид железа(II)

Ж) ZnS – сульфид цинка

За установления соответствия по 2 балла, итого – 16 баллов

За уравнение реакции под №4, 6 по 2 балла, итого – 4 балла

За название бинарных соединений под буквами б,г,ж по 1 баллу, итого – 3 балла

За название бинарного соединения под буквами в – 2 балла

Максимальное число баллов за задачу – 25 баллов

Задача 7–4. «Растворы». Рекомендации к решению и оценке:

1. Для приготовления 200 мл аптечного раствора йода нужно в 5 раз меньше всех компонентов по сравнению с количествами, указанными в рецепте приготовления, т.к. 200 мл в 5 раз меньше, чем 1 л.

Активное вещество: Иод – 50 г

Вспомогательные вещества: Калия йодид – 20 г,

этанол 95% – 400 мл, вода очищенная – довести объем до 1 л

$m(\text{I}_2) = 50 \backslash 5 = 10$ (г), $m(\text{KI}) = 20 \backslash 5 = 4$ (г), $V(\text{этанола}) = 400 \backslash 5 = 80$ (мл)

2. Один из возможных вариантов решения.

Этап решения	Сосуд 50 мл	Сосуд 90 мл	Сосуд для раствора
До переливания	0	0	
1 переливание	0	90	
2 переливание	50	40	
3 переливание	50	0	40
4 переливание	0	0	
5 переливание	0	90	
6 переливание	50	40	
7 переливание	50	0	80

3. Для приготовления аптечного раствора йода можно рассчитать только приблизительный объем воды.

Найдем массу раствора йода $m(\text{раствора } \text{I}_2) = V \cdot \rho = 1000 \text{ см}^3 \cdot 0,938 \text{ г/см}^3 = 938 \text{ г}$.

Найдем массу воды в этом растворе $m(\text{H}_2\text{O}) = 938 - 50 - 20 - 400 \cdot 0,804 = 546,4 \text{ г}$.

$V(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) / \rho = 546,4 \text{ г} / 1 \text{ г/см}^3 = 546,4 \text{ см}^3$ (мл).

Точный объем воды рассчитать невозможно, т.к. невозможно учесть изменение объема при смешении компонентов.

За расчет масс I_2 , KI , и объема этанола по 3 балла, всего – 9 баллов

За определение наименьшего числа переливаний – 8 баллов

За расчет приблизительного объема воды – 6 баллов

За объяснение невозможности точных расчетов – 2 балла

Максимальное число баллов за задачу – 25 баллов

Максимальное число баллов за задачи 7 класса – 100 баллов

ВОСЬМОЙ КЛАСС

Задача 8–1. «Минералы». Рекомендации к решению и оценке:

1) Установим формулы минералов с использованием массовых долей элементов: Минерал 1 – малахит:

$$\begin{aligned} & \text{Cu} : \text{C} : \text{O} : \text{H} \\ & \omega(\text{Cu})/M(\text{Cu}) : \omega(\text{C})/M(\text{C}) : \omega(\text{O})/M(\text{O}) : \omega(\text{H})/M(\text{H}) \\ & 57,48/64 : 5,43/12 : 36,18/16 : 0,91/1 \\ & 0,898 : 0,4525 : 2,261 : 0,91 \quad | : 0,4525 \\ & 2 : 1 : 5 : 2 \\ & \text{Cu}_2\text{CO}_5\text{H}_2 \\ & \text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 \end{aligned}$$

Минерал 2 – азурит: при внимательном рассмотрении состава минерала можно заметить, что массовая доля какого-то из элементов пропущена. В условии дополнительно уточняют – состав минерала 2 аналогичен составу минерала 1, следовательно, кроме кислорода, водорода и углерода минерал 2 содержит еще и медь, содержание которой можем найти с использованием определения массовой доли:

$$\omega(\text{Cu}) = 100 - \omega(\text{C}) - \omega(\text{H}) - \omega(\text{O}) = 100 - 6,97 - 0,58 - 37,13 = 55,32\%$$

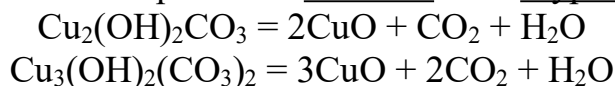
$$\begin{aligned} & \text{Cu} : \text{C} : \text{O} : \text{H} \\ & \omega(\text{Cu})/M(\text{Cu}) : \omega(\text{C})/M(\text{C}) : \omega(\text{O})/M(\text{O}) : \omega(\text{H})/M(\text{H}) \\ & 55,32/64 : 6,97/12 : 37,13/16 : 0,58/1 \\ & 0,86 : 0,58 : 2,32 : 0,58 \quad | : 0,58 \\ & 1,5 : 1 : 4 : 1 \quad | \cdot 2 \\ & 3 : 2 : 8 : 2 \\ & \text{Cu}_3\text{C}_2\text{O}_8\text{H}_2 \\ & \text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2 \end{aligned}$$

Минерал 3 – лазурит: при внимательном рассмотрении состава минерала можно заметить, что массовая доля какого-то из элементов пропущена. В условии дополнительно уточняют, что минерал содержит в своем составе прожилки силикатов. Силикаты содержат в своем составе кремний и кислород. Массовая доля кремния дана в условии, а кислорода нет. Содержание кислорода можем найти с использованием определения массовой доли:

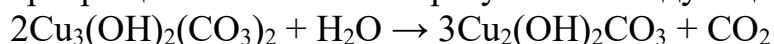
$$\begin{aligned} \omega(\text{O}) &= 100 - \omega(\text{Al}) - \omega(\text{Na}) - \omega(\text{S}) - \omega(\text{Si}) = 100 - 11,33 - 9,66 - 13,46 - 11,80 \\ &= 53,75\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Na} : \text{Al} : \text{Si} : \text{S} : \text{O} \\ & \omega(\text{Na})/M(\text{Na}) : \omega(\text{Al})/M(\text{Al}) : \omega(\text{Si})/M(\text{Si}) : \omega(\text{S})/M(\text{S}) : \omega(\text{O})/M(\text{O}) \\ & 9,66/23 : 11,33/27 : 11,80/28 : 13,46/32 : 53,75/16 \\ & 0,42 : 0,42 : 0,42 : 0,42 : 3,36 \quad | : 0,42 \\ & 1 : 1 : 1 : 1 : 8 \\ & \text{NaAlSiSO}_8 \end{aligned}$$

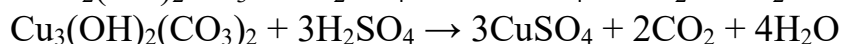
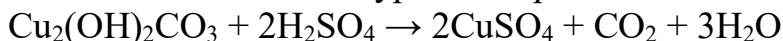
2) При разложении минералов 1 - малахит и 2 - азурит образуются оксиды:



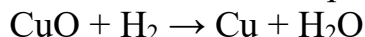
3) Азурит превращается в малахит в результате следующей реакции:



4) Взаимодействие малахита и азурита с серной кислотой:



5) При взаимодействии оксида меди с водородом:



За установление формулы малахита

2 балла

За установление формул азурита и лазурита, за каждый по 3 балла, всего

6 баллов

За уравнения реакций разложения минералов, за каждое по 3 балла, всего

6 баллов

За уравнение реакции превращения азурита в малахит –

2 балла

За уравнения реакций взаимодействия минералов с серной кислотой, за каждое по 4 балла, всего –

8 баллов

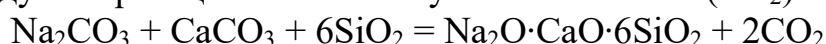
За уравнение реакции взаимодействия черного порошка с водородом – 1 балл

Максимальное число баллов за задачу

– 25 баллов

Задача 8–2. «Стекло». Рекомендации к решению и оценке:

1. В продуктах реакции не хватает углекислого газа (CO_2):



2. Тривиальные (исторически сложившиеся) названия веществ:

Na_2CO_3	CaCO_3	SiO_2
Кальцинированная сода	Мел, известняк	Кварцевый (силикатный) песок

3. Чтобы вычислить массы исходных веществ, нужно найти их количества с использованием уравнения реакции. Учтем, что $100 \text{ кг} = 100000 \text{ г}$

$$\begin{aligned} n(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2) &= m(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2) / M(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2) = \\ &= 100000 / 478 = 209,2 \text{ моль} \end{aligned}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2) = 209,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2) = 209,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{SiO}_2) = 6n(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2) = 6 \cdot 209,2 = 1255,2 \text{ моль}$$

Зная количества веществ, вычислим их массы:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 209,2 \cdot 106 = 22175,2 \text{ г} \approx 22,2 \text{ кг}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3) = 209,2 \cdot 100 = 20920 \text{ г} \approx 20,9 \text{ кг}$$

$$m(\text{SiO}_2) = n(\text{SiO}_2) \cdot M(\text{SiO}_2) = 1255,2 \cdot 60 = 75312 \text{ г} \approx 75,3 \text{ кг}$$

За составление уравнения реакции

– 2 балла

Коэффициенты в уравнении реакции

– 4 балла

Тривиальные названия веществ по 1 баллу, всего

– 3 балла

Вычислено количество вещества стекла

– 4 балла

Найдены количества исходных веществ по 2 балла, всего

– 6 баллов

Найдены массы исходных веществ по 2 балла, всего

– 6 баллов

Максимальное число баллов за задачу

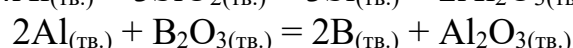
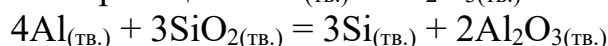
– 25 баллов

Задача 8–3. «Термит». Рекомендации к решению и оценке:

1. Во времена Н.Н. Бекетов «глинием» называли алюминий – Al.

2. Уравнение реакции: $2\text{Al}_{(\text{ТВ.})} + 3\text{BaO}_{(\text{ТВ.})} = 3\text{Ba}_{(\text{ТВ.})} + \text{Al}_2\text{O}_{3(\text{ТВ.})}$

3. С использованием алюминия («глиния») можно восстановить хром, кремний и бор. Уравнения реакций: $2\text{Al}_{(\text{ТВ.})} + \text{Cr}_2\text{O}_{3(\text{ТВ.})} = 2\text{Cr}_{(\text{ТВ.})} + \text{Al}_2\text{O}_{3(\text{ТВ.})}$



3. Чтобы вычислить количество теплоты, которое выделяется при получении 70 г железа, нужно найти количество вещества железа, которое образуется в реакции:

$$n(\text{Fe}) = m(\text{Fe}) / M(\text{Fe}) = 70 / 56 = 1,25 \text{ моль}$$

С использованием термохимического уравнения реакции заметим, что при образовании 2 моль железа в реакции выделяется 854 кДж теплоты. Тогда можем составить пропорцию и вычислить количество выделившейся теплоты при образовании 1,25 моль железа:

$$\frac{2 \text{ моль Fe}}{1,25 \text{ моль Fe}} = \frac{854 \text{ кДж}}{x \text{ кДж}}$$

$$x = 533,75 \text{ кДж}$$

4. Для вытеснения металлов из их оксидов также используется кальций – металл, входящий в состав костей и зубов.

<i>Расшифрован металл «глиний»</i>	– 3 балла
<i>Уравнение реакции, описанной Н.Н.Бекетовым</i>	– 2 балла
<i>Уравнения реакций получения металлов по 3 балла, всего</i>	– 9 баллов
<i>Вычислено количество вещества железа</i>	– 3 балла
<i>Вычислено количество выделившейся теплоты</i>	– 6 балла
<i>Назван металл кальций</i>	– 2 балла
Максимальное число баллов за задачу	– 25 баллов

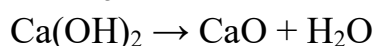
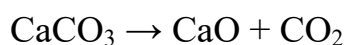
Задача 8–4. «Опыты». Рекомендации к решению и оценке:

1. Вещества:

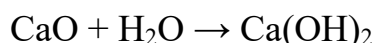
№ образца	Название вещества	Формула	Химическое название
1	Мел	CaCO ₃	Карбонат кальция
2	Поваренная соль	NaCl	Хлорид натрия
3	Гашеная известь	Ca(OH) ₂	Гидроксид кальция
4	Негашеная известь	CaO	Оксид кальция
5	Питьевая сода	NaHCO ₃	Гидрокарбонат натрия

2. Уравнения реакций:

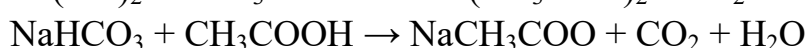
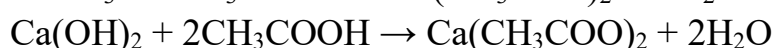
При нагревании:



При растворении:



С уксусной кислотой:



За определение веществ в образцах – 1 балл

За химические формулы и названия веществ, за каждое по 2 балла, всего – 10 баллов

За уравнения реакций, за каждое по 2 балла, всего – 14 баллов

Максимальное число баллов за задачу – 25 баллов

Максимальное число баллов за задачи 8 класса – 100 баллов

ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

Задача 9 – 1. «Запах раков». Рекомендации к решению и оценке:

1) Начнем решение задачи с расчета молекулярной массы вещества **Б** с использованием относительной плотности газа:

$$M(\text{Б}) = D_{\text{Ar}}(\text{Б}) \cdot M(\text{Ar}) = 0,801 \cdot 39,95 = 32 \text{ г/моль.}$$

Газ с такой молярной массой соответствует кислороду, **Б** – O_2 . Из этого следует, что вещество **А** – O_3 , так как он образуется в электрическом разряде из кислорода, содержащемся в воздухе. Название озона произошло от греческого *ozon* – «пахнущий».

В промышленности озон получают с использованием озонаторов. Часто пользуются и лабораторным методом получения озона взаимодействием пероксида бария BaO_2 (**В**) с холодной концентрированной серной кислотой. В ходе этой реакции образуется озон и сульфат бария. Являясь окислителем, озон способен окислять иодид до иода, который в свою очередь образует с крахмалом соединения – включения синего цвета, на чем основано обнаружение озона.

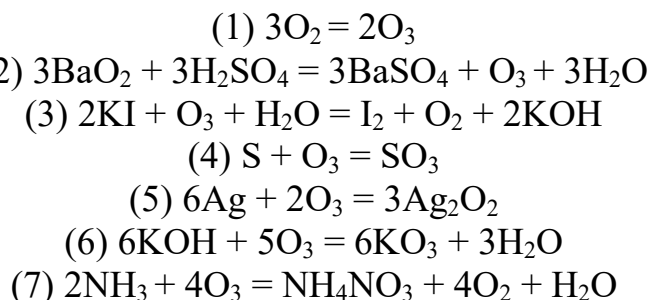
Озон – сильный окислитель, переведет серу в высшую степень окисления, а именно триоксид SO_3 (**Г**). По массовой доле удастся проверить, что соединение **Д** имеет простейшую формулу AgO , но из подсказки следует состав Ag_2O_2 (**Д**). Озон способен образовывать бинарные соединения, аналогичные кислороду, – озониды. При реакции озона с гидроксидом калия образуется красный озонид калия KO_3 (**Е**), состав которого можно установить с использованием данных в условии: вещество **Е** бинарное, содержит кислород и, видимо, калий, т.к. образуется при взаимодействии с гидроксидом калия:

$$\begin{aligned} & \text{К : О} \\ & w(\text{К})/M(\text{К}) : w(\text{О})/M(\text{О}) \\ & 44,89/39 : 55,11/16 \\ & 1,151 : 3,444 \mid : 1,151 \\ & 1 : 3 \\ & \text{KO}_3 \end{aligned}$$

Озон окисляет аммиак до нитрата аммония NH_4NO_3 (**Ж**), являющегося белым ионным соединением, которое широко применяется в сельском хозяйстве в качестве удобрения и в качестве окислителя в пиротехнике. Таким образом, вещества:

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
O_3	O_2	BaO_2	SO_3	Ag_2O_2	KO_3	NH_4NO_3

2) Уравнения реакций:



3) Озон образуется под действием ультрафиолетового излучения Солнца, и накапливается в стратосфере Земли, обеспечивая возможность существования жизни, так как задерживает губительное для живых организмов ультрафиолетовое излучение.

За определение веществ А – Ж по 1 баллу, всего	– 7 баллов
За составление уравнений реакций по 2 балла, всего	– 14 баллов
Указание на наличие озонового слоя	– 2 балла
Образование озона под действием ультрафиолетового излучения	– 2 балла
Максимальное число баллов за задачу	– 25 баллов

Задача 9 – 2. «Глиний». Рекомендации к решению и оценке:

1) Начнем решение задачи с расчета формулы вещества **В**. Из условия известно, что вещество **В** – оксид, в котором известно содержание кислорода. Для установления состава оксида воспользуемся методом направленного перебора: составим ряд оксидов и вычислим молярную массу второго элемента в составе вещества.

Формула оксида	A_2O	AO	A_2O_3	AO_2	A_2O_5	AO_3	A_2O_7	AO_4
$M(B)$	34	34	102	68	170	102	238	136
$M(A)$	9	18	27	36	45	54	63	72
A	Be	-	Al	-	Sc	-	-	-

Проанализируем результаты расчета: бериллий и скандий не производят в таких больших объемах, к тому же эти элементы не относятся к числу одних из самых распространенных в земной коре, как говорится в условии. Таким образом, элементом **A** является алюминий, тогда **A** – Al, **B** – Al_2O_3 . Впервые алюминий был получен восстановлением амальгамой калия хлорида $AlCl_3$ (**Б**). Пойдем по порядку электрохимического метода, для начала нужно очистить боксит, обезвоженный при $200^\circ C$, от примесного кремнезема (SiO_2), растворив сырье в концентрированном растворе гидроксида натрия (в автоклаве при давлении 5-6 атм и температуре $160-170^\circ C$) и получив $Na[Al(OH)_4]$ (**Г**) и Na_2SiO_3 (**Д**) (также на этом этапе отделяются от красного шлама, состоящего из гидроксида и оксида железа). Затем принимается решение осадить силикат в виде белого нерастворимого $CaSiO_3$ (**Е**). Таким образом, в растворе остается тетрагидроксоалюминат, из которого удобно получить нерастворимый гидроксид алюминия продуванием углекислого газа через раствор. Также раствор подвергают «выкрутке», заключающейся в интенсивном перемешивании раствора в присутствии затравки кристаллического $Al(OH)_3$ (**Ж**) при $25-30^\circ C$. В ходе этих операций образуется мелкокристаллический осадок гидроксида алюминия, который легко фильтруется. Полученный гидроксид отфильтровывается и промывается для удаления остаточных количеств $NaOH$, а затем прокаливают при $1100-1200^\circ C$. Чистый оксид алюминия затем подвергается электролизу в расплаве криолита ($Na_3[AlF_6]$, **З**), который образуется при растворении гидроксида алюминия в плавиковой кислоте в присутствии карбоната натрия. Таким образом, формулы веществ:

A	Б	B	Г	Д	Е	Ж	З
Al	$AlCl_3$	Al_2O_3	$Na[Al(OH)_4]$	Na_2SiO_3	$CaSiO_3$	$Al(OH)_3$	$Na_3[AlF_6]$

- 2) Уравнения реакций:
- (1) $\text{AlCl}_3 + 3\text{K} = \text{Al} + 3\text{KCl}$
 - (2) $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$
 - (3) $\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3$
 - (4) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaSiO}_3 + 2\text{NaOH}$
 - (5) $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{CO}_2 = \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaHCO}_3$
 - (6) $2\text{Al}(\text{OH})_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 - (7) $2\text{Al}_2\text{O}_3 = 4\text{Al} + 3\text{O}_2$
 - (8) $2\text{Al}(\text{OH})_3 + 12\text{HF} + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{Na}_3\text{AlF}_6 + 3\text{CO}_2 + 9\text{H}_2\text{O}$

3) Роль криолита в электрохимическом получении алюминия очень важна: он значительно понижает температуру плавления системы практически в два раза (по сравнению с 2072°C для чистого оксида алюминия), а также обладает высокой электропроводностью, что повышает эффективность электролиза.

За определение веществ А – З по 1,5 балла, всего – 12 баллов

За составление уравнений реакций по 1,5 балла, всего – 12 баллов

Любое разумное объяснение роли криолита – 1 балл

Максимальное число баллов за задачу – 25 баллов

Задача 9 – 3. «Уравнение Менделеева-Клапейрона».

Рекомендации к решению и оценке:

1) Среди достижений Д.И. Менделеева можно назвать: создание Периодического закона, работы по изучению удельных объемов веществ при смешении, изучении химии силикатов и изготовление стекол, исследование газов, работы по изучению кораблестроения и освоению крайнего севера, технология изготовления пороха, изучение электролитической диссоциации, работы в области химических измерений и метрологии, демографические прогнозы о динамике изменения численности населения России, создание первого отечественного учебника по органической химии.

2) Идеальный газ – газ, который при всех значениях p , V и T подчиняется уравнению Менделеева-Клапейрона.

Идеальный газ:

- Молекулы газа являются материальными точками (имеют массу, но не имеют объема)
- Молекулы газа обмениваются кинетической энергией (нет притяжения и отталкивания, т.е. обмена потенциальной энергией).

3) Объем 1 моль идеального газа при нормальных условиях 22,4 литра.

Вычислим молярный объем газа при стандартных условиях с использованием уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{p} = \frac{1 \cdot 8.314 \cdot 298.15}{100000} = 0.02479 \text{ м}^3 = 24.79 \text{ л}$$

4) Вещества в составе выдыхаемого воздуха: азот, кислород, углекислый газ.

Начнем с вычисления средней молярной массы упаковочного газа, чтобы предположить, какие газы входят в состав смеси:

$$\rho = 1.308 \text{ кг/м}^3 = 1308 \text{ г/м}^3$$

$$pM = \rho RT \Rightarrow M = \frac{\rho RT}{p} = \frac{1308 \cdot 8.314 \cdot 290.15}{0.95 \cdot 101325} = 32.78 \text{ г/моль}$$

Функция упаковочного газа – обеспечить хранение продуктов, т.е. создать неблагоприятные условия для размножения бактерий. Для этого в составе упаковочного газа должны быть такие вещества, которые не поддерживают процессы дыхания – это азот и углекислый газ.

$$M(\text{упаковочный газ}) = \varphi(N_2)M(N_2) + \varphi(CO_2)M(CO_2)$$

$$32.78 = x \cdot 28 + (1 - x) \cdot 44$$

$$x = 0.7 = 70\% = \varphi(N_2)$$

Состав упаковочного газа:

N_2	CO_2
7	%

Любое достижение Д.И. Менделеева

– 2 балла

Определение идеального газа (указание на отсутствие взаимодействий и пренебрежение размером частиц)

– 4 балла

Объем 1 моль газа при н.у.

– 2 балла

Объем 1 моль газа при стандартных условиях

– 4 балла

Вычислена молярная масса упаковочного газа

– 6 баллов

Установлен качественный состав упаковочного газа по 2 балла, всего – 4 балла

Вычислен количественный состав упаковочного газа

– 3 балла

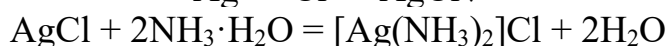
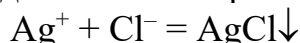
Максимальное число баллов за задачу

– 25 баллов

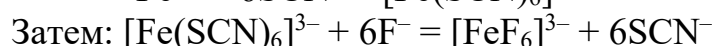
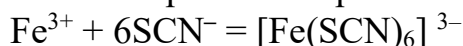
Задача 9 – 4. «Бестужевские капли».

Рекомендации к решению и оценке:

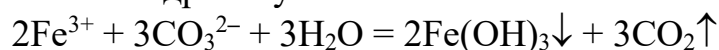
1. Реакция с раствором нитрата серебра с образованием белого творожистого осадка указывает на наличие в составе вещества А хлорид ионов, что подтверждается растворением осадка в избытке раствора гидрата аммиака:



Реакция с раствором роданида калия с образованием вещества темно-красного цвета, а затем исчезновение окраски говорит о наличии иона железа Fe^{3+} .



Реакция с карбонатом натрия подтверждает наличие Fe^{3+} , т.к. соли железа в растворе подвергаются гидролизу



Следовательно вещество А – $FeCl_3$.

2. На основе количественного анализа рассчитаем массу навески $FeCl_3$ и объем диэтилового эфира. Пусть нам нужно приготовить 100 г таких капель, тогда можно рассчитать массу одной массовой части

$$1 \text{ м.ч.} = 100 / (0,6 + 7,2 + 4 + 1,2) = 7,69 \text{ г}$$

Найдем $V(\text{диэтилового эфира}) = m/\rho = 7,69 \cdot 4 / 0,714 = 43,08 \text{ см}^3 (\text{мл})$.

Найдем массу соли:

$$m(FeCl_3) = 0,6 \cdot 7,69 = 4,614 \text{ г.}$$

Найдем $V(\text{этанола}) = m/\rho = 7,2 \cdot 7,69 / 0,7893 = 70,14 \text{ см}^3 (\text{мл})$.

Найдем $\omega(\text{этанола}) = m \text{ в-ва} / m \text{ р-ра} = 70,14 \cdot 0,789 / 100 = 0,5534 (55,34\%)$

За определение соли А	– 4 балла
За уравнения реакций по 2 балла, всего	– 10 баллов
За расчет объема эфира	– 3 балла
За расчет массы навески соли	– 3 балла
За расчет объема спирта	– 3 балла
За расчет массовой доли спирта	– 2 балла
Максимальное число баллов за задачу	– 25 баллов
Максимальное число баллов за задачи 9 класса – 100 баллов	

ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

Задача 10 – 1. «Светоносный». Рекомендации к решению и оценке:

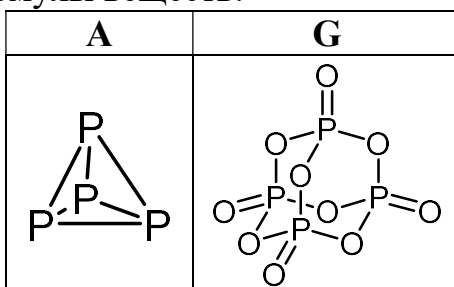
1) Описание элемента **X** позволяет установить, что в задаче речь идет фосфоре: основными подсказками является указание на химическую активность фосфора и применение в качестве удобрений. Аммиак (и, соответственно, азот) также однозначно определяется по указанию на резкий запах и относительной плотности. Отсюда возможно найти все дальнейшие загаданные вещества. Вычислим формулу вещества **B**:

$$\begin{aligned}
 & \text{Ca} : \text{P} : \text{O} : \text{H} \\
 & w(\text{Ca})/M(\text{Ca}) : w(\text{P})/M(\text{P}) : w(\text{O})/M(\text{O}) : w(\text{H})/M(\text{H}) \\
 & 39,89/40 : 18,50/31 : 41,41/16 : 0,2/1 \\
 & 1 : 0,59 : 2,58 : 0,2 \quad | : 0,2 \\
 & 5 : 3 : 13 : 1 \\
 & \text{Ca}_5\text{P}_3\text{O}_{13}\text{H} \\
 & \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})
 \end{aligned}$$

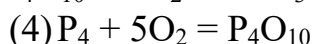
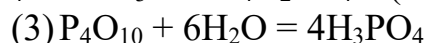
Таким образом, вещества:

X	Z	A	B	C	D	E	F	G
P	N	P ₄	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (OH)	NH ₄ H ₂ PO ₄	(NH ₄) ₂ HPO ₄	H ₃ PO ₄	NH ₃	P ₄ O ₁₀

2) Структурные формулы веществ:



3) Уравнения реакций:



Вещество X, Z, A, C, D, E, F, G по 1 баллу, всего	– 8 баллов
Вещество B	– 3 балла
За определение структуры веществ по 2 балла, всего	– 4 балла
За составление уравнений реакций по 2 балла, всего	– 10 баллов
Максимальное число баллов за задачу	– 25 баллов

Задача 10 – 2. «Формула Менделеева».

Рекомендации к решению и оценке:

1) Вычислим удельные теплоты сгорания C, H₂ и S с использованием формулы Менделеева:

$$Q(C) = 339,3 \cdot w(C) + 1256 \cdot w(H) - 109 \cdot (w(O) - w(S)) - 25,2 \cdot (9w(H) + w(H_2O)) \\ = 339,3 \cdot 100 = 33930 \text{ кДж/кг}$$

$$Q(H) = 339,3 \cdot w(C) + 1256 \cdot w(H) - 109 \cdot (w(O) - w(S)) - 25,2 \cdot (9w(H) + w(H_2O)) = \\ = 1256 \cdot 100 - 25,2 \cdot 9 \cdot 100 = 102920 \text{ кДж/кг}$$

$$Q(S) = 339,3 \cdot w(C) + 1256 \cdot w(H) - 109 \cdot (w(O) - w(S)) - 25,2 \cdot (9w(H) + w(H_2O)) = \\ = -109 \cdot (0 - 100) = 10900 \text{ кДж/кг}$$

2) Вычислим удельные теплоты сгорания нефти и угля с использованием формулы Менделеева:

$$Q(\text{нефть}) = 339,3 \cdot w(C) + 1256 \cdot w(H) - 109 \cdot (w(O) - w(S)) - 25,2 \\ \cdot (9w(H) + w(H_2O)) \\ = 339,3 \cdot 83 + 1256 \cdot 10,4 - 109 \cdot (0,7 - 2,8) - 25,2 \cdot (9 \cdot 10,4 + 3) = \\ = 39018,88 \text{ кДж/кг}$$

$$Q(\text{уголь}) = 339,3 \cdot w(C) + 1256 \cdot w(H) - 109 \cdot (w(O) - w(S)) - 25,2 \\ \cdot (9w(H) + w(H_2O)) \\ = 339,3 \cdot 55,2 + 1256 \cdot 3,8 - 109 \cdot (5,8 - 3,2) - 25,2 \cdot (9 \cdot 3,8 + 8) = \\ = 22155,32 \text{ кДж/кг}$$

Чтобы сделать вывод о том, какое топливо экономически более выгодно использовать, найдем количество теплоты, которое можно получить из 1 потраченной у.е.:

Для нефти:

$$\frac{18,6}{1} = \frac{39018,88}{x \text{ кДж/моль}} \\ x = 2097,8 \text{ кДж/моль на 1 у.е.}$$

Для угля:

$$\frac{4,5}{1} = \frac{22155,32}{x \text{ кДж/моль}} \\ x = 4923,4 \text{ кДж/моль на 1 у.е.}$$

Таким образом, уголь является более выгодным топливом с точки зрения Экономических затрат на единицу выделенной энергии, чем нефть.

3) Анализ формулы Менделеева позволяет установить, что углеводород, который будет обладать наибольшей удельной теплотой сгорания, должен содержать максимальное число атомов водорода, т.к. именно перед массовой долей водорода в формуле наибольший коэффициент. Таким углеводородом является метан (CH₄) с массовой долей водорода 25%. Вычислим его удельную теплоту сгорания. Массовая доля углерода в метане 75%, водорода 25%.

$$Q(CH_4) = 339,3 \cdot w(C) + 1256 \cdot w(H) - 109 \cdot (w(O) - w(S)) - 25,2 \cdot (9w(H) + \\ w(H_2O)) = 339,3 \cdot 75 + 1256 \cdot 25 - 25,2 \cdot (9 \cdot 25) = 51177,5 \text{ кДж/кг}$$

4) Наибольший коэффициент в формуле Менделеева – у массовой доли водорода, поэтому наивысшей теплотой сгорания будет обладать топливо, содержащее 100 % водорода, т. е. H₂.

Рассчитаны удельные теплоты сгорания углерода, серы и водорода по 2 балла, всего – 6 баллов

Рассчитаны удельные теплоты сгорания нефти и угля по 3 балла, всего – 6 баллов

Сделана оценка количества теплоты на 1 у.е. – 2 балла

Вывод об энергоэффективности угля с учетом оценки количества теплоты на 1 у.е. – 2 балла

Вывод об энергоэффективности угля без учета оценки количества теплоты на 1 у.е. – 0 баллов

Предложена формула метана – 3 балла

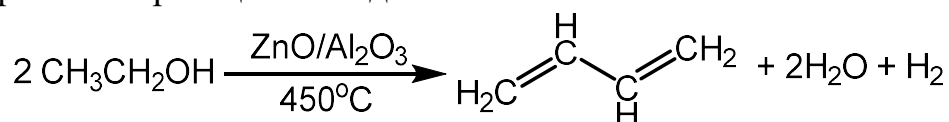
Рассчитана удельная теплота сгорания метана – 3 балла

Предложен водород – 3 балла

Максимальное число баллов за задачу – 25 баллов

Задача 10 – 3. «Каучуки». Рекомендации к решению и оценке:

1) Уравнение реакции Лебедева:



2) Начнем с установления формулы вещества «2». Судя по продуктам сгорания, в составе вещества есть углерод, водород и, возможно, кислород – на его наличие нужно сделать проверку по ходу решения.

$$n(\text{CO}_2) = m(\text{CO}_2) / M(\text{CO}_2) = 17,586 / 44 = 0,4 \text{ моль} = n(\text{C})$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{H}_2\text{O}) = 5,399 / 18 = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}) = 2 * n(\text{H}_2\text{O}) = 0,3 * 2 = 0,6 \text{ моль}$$

$$m(\text{C, H}) = n(\text{C}) * M(\text{C}) + n(\text{H}) * M(\text{H}) = 0,4 * 12 + 0,6 * 1 = 5,4 \text{ г} \neq m(\text{сожженной навески})$$

Таким образом, в составе вещества есть кислород. Найдем его массу и количество вещества:

$$m(\text{O}) = m(\text{сожженной навески}) - m(\text{C, H}) = 8,6 - 5,4 = 3,2 \text{ г}$$

$$n(\text{O}) = m(\text{O}) / M(\text{O}) = 3,2 / 16 = 0,2 \text{ моль}$$

Установим формулу вещества: C : H : O

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O})$$

$$0,4 : 0,6 : 0,2$$

$$4 : 6 : 2$$

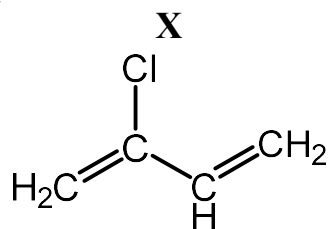


Осуществим цепочку превращений:

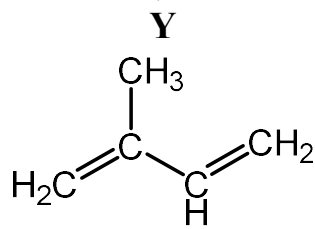
№	Вещество	Комментарий
1	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	Номенклатурное название ацетилен – этин.
2	$\begin{array}{c} \text{HO} \\ \diagdown \\ \text{H}_2\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2 \\ \diagup \\ \text{OH} \end{array}$	Судя по выведенной формуле, в реакции участвует 2 молекулы формальдегида и остается неопределенный фрагмент, т.к. затем вещество «2» подвергают гидрированию. Эта реакция аналогична взаимодействию вещества «1» с ацетоном – реакция Фаворского, в ходе которой образуются пропаргиловые спирты.

3		Вещество «3» - продукт реакции гидрирования.
Z		Вещество «4» - продукт реакции дегидратации, который образуется и в результате реакции Лебедева. Все это указывает на образование бутадиена – 1,3.
4	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	Взаимодействие ацетилена с 1 моль водорода приводит к образованию этилена.
5	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	Гидратация (присоединение воды) – основной способ промышленного производства этанола.
6		Гидрирование с участием 1 моль водорода приводит к превращению тройной связи в составе молекулы в двойную.
Y		Дегидратацией вещества «6» (на это указывает подпись «-H ₂ O» в цепочке превращений) удастся получить 2-метил-бутадиен-1,3.
7	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$	Вещество «7» - продукт димеризации ацетилена (винилацетилен).
X		Присоединение HCl к винилацетилену происходит по тройной связи, т.к., во-первых, тройная связь более реакционно способна в реакциях электрофильного присоединения по сравнению с двойной связью, а во-вторых, при присоединении к тройной связи образуется молекула, содержащая сопряженную систему связей, что дает больший выигрыш по энергии за счет большего распределения электронной плотности в молекуле диена.

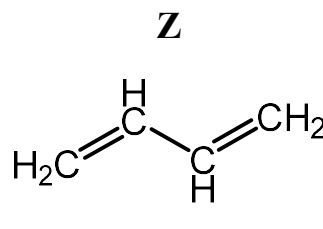
1) Тривиальные названия веществ X, Y и Z:



Хлоропрен



Изопрен



Дивинил

2) В.В. Марковников известен в первую очередь как автор «правила Марковникова» - правила для предсказания региоселективности реакции присоединения протонных кислот и воды к непредельным углеводородам. Правило формулируется так: «При присоединении протонных кислот и воды к несимметричным алкенам и алкинам атом водорода присоединяется к наиболее гидрогенизированному атому углерода»

Уравнение реакции (в том числе без структурных формул)	– 1 балл
Найдено количество вещества CO_2	– 2 балла
Найдено количество вещества H_2O	– 2 балла
Сделана проверка на наличие кислорода и найдена его масса	– 2 балла
Конечная формула вещества $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$	– 2 балла
Конечная формула вещества $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}$	– 2 балла
Структуры веществ 1-7, X, Y и Z: 1*10	– 10 баллов
Тривиальные названия веществ X, Y и Z: 1*3	– 3 балла
Упоминание правила Марковникова	– 1 балл
Максимальное число баллов за задачу	– 25 баллов

Задача 10 – 4. «Нитрование». Рекомендации к решению и оценке:

1. Автор реакции нитрования предельных углеводородов (алканов) Михаил Иванович Коновалов.

2. Реакцию Коновалова традиционно проводят в закрытых сосудах (запаянные ампулы или автоклавы), т.к. температуры кипения углеводородов оказываются близки к температурам проведения реакции. Использование обратного холодильника или дефлегматора не позволит добиться нужной температуры, при которой углеводород и азотная кислота находятся в газовой фазе одновременно.

Посуда: запаянная ампула, автоклав, закрытый реактор.

Реактивы: азотная кислота 20% водный раствор, 2-метилбутан.

Последовательность действий:

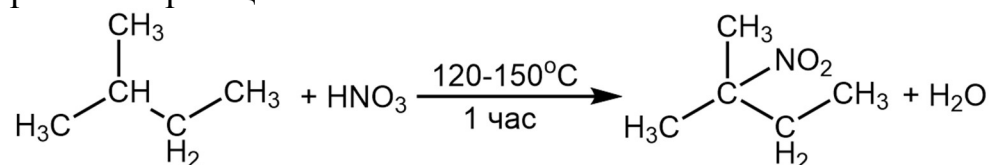
1) В сосуд поместить рассчитанный объем 2-метилбутана и 20%-ный водный раствор азотной кислоты так, чтобы количество молей азотной кислоты в растворе было в 1,2-1,5 раза больше, чем нужно по уравнению реакции.

2) Закрывать сосуд (запаять ампулу или герметично закрыть автоклав) и выдерживать при температуре 120-150°C до тех пор, пока не перестанет меняться давление в сосуде (или пока не начнет темнеть реакционная масса).

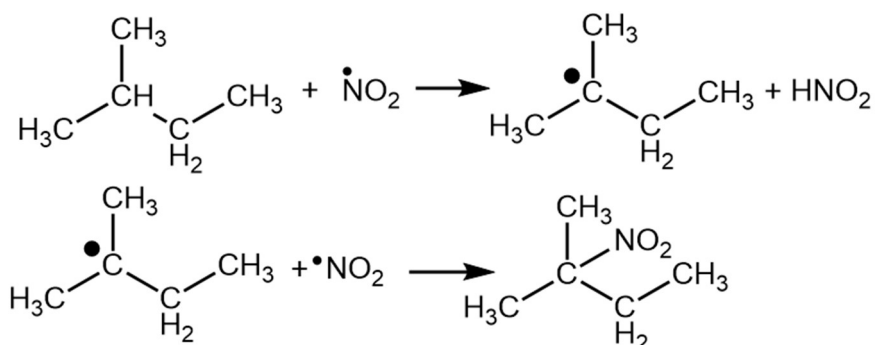
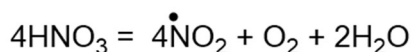
3) После охлаждения сосуда, реакционную массу вылить в воду, нейтрализовать насыщенным раствором пищевой соды и отделить в делительной воронке органический слой.

4) Органический слой посушить над безводным карбонатом натрия и перегнать при атмосферном давлении, собрать фракции, кипящие при одной температуре.

3. Уравнение реакции:



Механизм реакции: нитрование по Коновалову представляет собой радикальное замещение. На первой стадии азотная кислота разлагается с образованием оксида азота(IV) – молекула-радикал. На второй стадии образуется наиболее устойчивый третичный радикал, молекула NO_2 превращается в азотистую кислоту. На последней стадии происходит рекомбинация радикалов с образованием целевого соединения.



4. Для идентификации вещества можно использовать следующие методы:

1) Элементный анализ – позволит установить Брутто формулу

2) Измерение температур плавления и кипения – позволит определить строение продукта, т.к. возможные изомеры, образующиеся при нитровании 2-метилбутана, имеют разные температуры плавления и кипения.

3) Измерение показателя преломления вещества – позволит определить чистоту и строение вещества, т.к. показатель преломления – индивидуальная характеристика вещества.

4) Для более полного подтверждения строения и состава продукта реакции требуется использование физико-химических методов анализа: инфракрасная спектроскопия поглощения позволит подтвердить наличие нитрогруппы, спектроскопия ядерного магнитного резонанса позволит точно определить строение углеродного скелета.

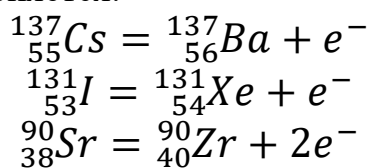
Фамилия ученого	– 2 балла
Предложена любая разумная герметичная посуда	– 2 балла
Реактивы, по 2 балла за каждый	– 4 балла
Любая разумная последовательность действий	– 8 баллов
Уравнение реакции	– 3 балла
Механизм реакции	– 3 балла
Любые разумные методы подтверждения строения и состава	– 3 балла
Максимальное число баллов за задачу	– 25 баллов

Максимальное число баллов за задачи 10 класса – 100 баллов.

ОДИННАДЦАТЫЙ КЛАСС

Задача 11 – 1. «Атом». Рекомендации к решению и оценке:

1) Установим составы пропущенных нуклидов. Для этого вспомним, что при β^- распаде (образуется электрон) порядковый номер увеличивается на 1 единицу, а масса при этом не меняется:



2) Для защиты от β^- излучения традиционно используют экраны из стекла или алюминия.

3) Раньше всех распадётся изотоп иода, т.к. имеет самый маленький период полураспада, а распад приводит сразу к устойчивому изотопу.

4) Сравнивая величину периода полураспада со временем наблюдения не трудно заметить, что фактически прошел всего один период полураспада.

Исходное содержание радиоизотопа равно 100% после выброса. После 1 периода полураспада осталось 50% ^{137}Cs и 50% ^{90}Sr .

Для ^{131}I с периодом полураспада 8 дней можно с уверенностью сказать, что содержание этого изотопа 0 % - за такой большой промежуток времени он полностью распался.

5) Прилегающие территории окажутся пригодными для жизни тогда, когда изотоп с самым большим периодом полураспада претерпит 10 периодов полураспада. В нашем случае, самый большой период полураспада из указанных изотопов – 30 лет для ^{137}Cs . Таким образом, через 300 лет территории окажутся совершенно безопасными, как до аварии.

Чтобы установить содержание (в %) оставшихся изотопов воспользуемся определением периода полураспада – после каждого периода полураспада остаётся половина от предыдущего количества вещества:

Время наблюдения, лет	Число периодов полураспада	Содержание изотопа, %	
		^{137}Cs	^{90}Sr
0	0	100	100
30	1	50	50
60	2	25	25
90	3	12,5	12,5
120	4	6,25	6,25
150	5	3,125	3,125
180	6	1,5625	1,5625
210	7	0,7813	0,7813
240	8	0,3906	0,3906
270	9	0,1953	0,1953
300	10	0,0977	0,0977

Как видно из таблицы, предположение о том, что после 10 периодов полураспада вещества практически не остаётся, совершенно справедливо.

Массовое и зарядовое число нуклида: 2*3 – 6 баллов

Предложено любое разумное средство защиты – 1 балл

Указан изотоп – 2 балла

Указан изотоп без объяснения – 0 баллов

Содержание каждого изотопа: 3*3 – 9 баллов

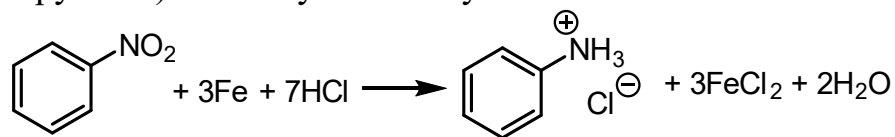
Вычислено время, после которого территории станут безопасными – 1 балл

Вычислено содержание изотопа цезия и стронция: 2*3 – 6 баллов

Максимальное число баллов за задачу – 25 баллов

Задача 11 – 2. «Зинин». Рекомендации к решению и оценке:

1) Исторически Н.Н. Зинин предложил получать ароматические амины восстановлением нитрогруппы с использованием сульфида аммония. Однако позднее сам же модифицировал этот метод, заменив сульфид аммония на железо («чугунные стружки») и соляную кислоту:



В этой реакции важно помнить об основных свойствах анилина – продукт реакции хлорид фениламмония.

2) Установим формулу вещества А. Для этого найдем количества веществ продуктов сгорания и сделаем проверку на наличие кислорода в исходной молекуле.

$$n(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2) / V_N = 1,568 / 22,4 = 0,07 \text{ моль} = n(\text{C})$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{H}_2\text{O}) = \rho \cdot V / M(\text{H}_2\text{O}) = 1 \cdot 0,45 / 18 = 0,025 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 0,025 = 0,05 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) = V(\text{N}_2) / V_N = 0,112 / 22,4 = 0,005 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}) = 2 \cdot n(\text{N}_2) = 2 \cdot 0,005 = 0,01 \text{ моль}$$

$$m(\text{O}) = m(\text{A}) - m(\text{C}) - m(\text{H}) - m(\text{N}) = 1,67 - 0,07 \cdot 12 - 0,05 \cdot 1 - 0,01 \cdot 14 = 0,64 \text{ г}$$

Таким образом, в составе молекулы есть кислород. Найдем его количество и установим формулу: $n(\text{O}) = m(\text{O}) / M(\text{O}) = 0,64 / 16 = 0,04 \text{ моль}$

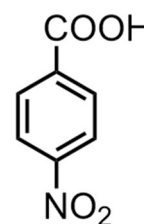
$$\text{C} : \text{H} : \text{N} : \text{O}$$

$$0,07 : 0,05 : 0,01 : 0,04 \quad | : 0,01$$

$$7 : 5 : 1 : 4$$

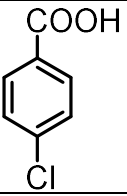
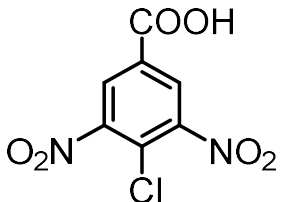
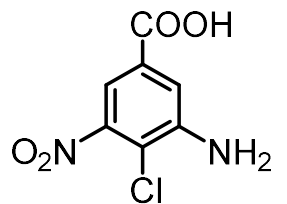
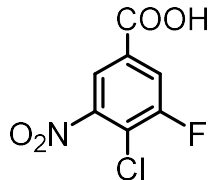
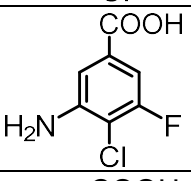
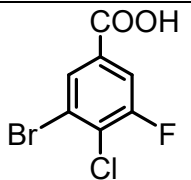
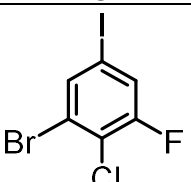


Установим структуру вещества А. Вещество А окрашивает лакмус в красный цвет, что говорит о наличии в составе вещества карбоксильной группы. Вещество А содержит достаточно мало водорода, можно предположить наличие ароматического ядра в структуре, что подтверждается открытой структурой промежуточного вещества в цепочке превращений. Наконец, остается увидеть наличие нитрогруппы, т.к. вещество на первой же стадии в цепочке превращений вводит в реакцию Зинина, в которую вступают нитросоединения. О структуре вещества А сказано, что функциональные группы в нем расположены друг напротив друга, следовательно, речь идет о пара-изомере – пара-нитробензойной кислоте:



3) Вещества на схеме:

№	Вещество	Комментарий
1		Продукт восстановления пара-нитробензойной кислоты.
2		Продукт диазотирования аминогруппы согласно схеме реакции в условии.

3		Продукт замещения диазогруппы на атом хлора согласно схеме реакции в условии.
4		Судя по приведенной в условии формуле вещества, в составе молекулы оказывается сразу две нитрогруппы, т.к. азот в составе вещества на этом этапе может появиться только при нитровании. Открытая структура в цепочке позволяет сделать вывод об образовании симметричного продукта нитрования, что соотносится с ориентацией заместителей в составе молекулы.
5		На этой стадии восстанавливается только одна нитрогруппа, которая затем диазотируется и замещается на атом хлора, о чем свидетельствует приведенная далее в условии формула вещества «б». Засчитывается вариант и с написанием аминогруппы в форме соли.
6		Представленная в условии формула указывает на замену аминогруппы на атом фтора после предварительного диазотирования.
7		Продукт восстановления нитрогруппы по реакции Зинина.
8		Продукт замещения диазогруппы на атом брома после предварительного диазотирования.
X		Продукт замещения диазогруппы на атом иода после предварительного диазотирования.

Уравнение реакции Зинина (в продуктах хлорид фениламмония)	– 2 балла
Уравнение реакции Зинина (в продуктах реакции анилин)	– 1 балл
Реакция Зинина без коэффициентов с любым продуктом	– 0 баллов
Найдены количества веществ: 3*1	– 3 балла
Сделана проверка на наличие кислорода	– 1 балл
Найдено количество кислорода	– 1 балл
Установлена конечная формула вещества А	– 1 балл
Установлена структура вещества А	– 2 балла
Вещества 1-8: 1,5*8	– 12 баллов
Вещество X	– 2 балла
Максимальное число баллов за задачу	– 25 баллов

Задача 11 – 3. «Шафран». Рекомендации к решению и оценке:

1) Чтобы установить состав минерала **A** необходимо для начала определить элементы **X** и **Y**. Образование нерастворимых солей с хлоридами и карбонатами позволяет существенно сузить круг кандидатов на роль **Y** – это может быть либо свинец, либо серебро. Вариант с серебром не подходит, т.к. карбонат серебра желтый.

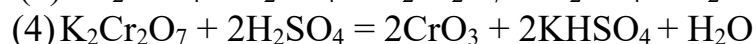
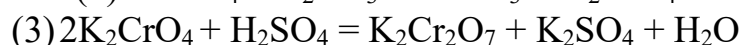
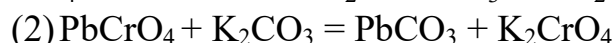
Элемент **X** практически однозначно определяется из описания превращения **D** - **E**, свойственного хромат и дихромат-анионам. Кроме того, из текста следует, что перед получением **E** минерал не подвергался действию окислителей, из чего следует, что в состав **A** хром входит в высшей степени окисления +6. Таким образом, **X** – Cr, **Y** – Pb.

Желто-оранжевая окраска растворов свидетельствует о наличии хромат-ионов в составе исходного минерала. Следовательно, минерал **A** можно представить веществом состава $PbCrO_4$ – минерал крокоит, название которого происходит от греческого слова *κρόκος* – шафран, которое получил минерал за внешнее сходство с растением.

2) Формулы веществ:

X	Y	B	C	D	E	F
Cr	Pb	$CrCl_3$	Cl_2	K_2CrO_4	$K_2Cr_2O_7$	CrO_3

3) Уравнения реакций:



Формула минерала **A**

– 3 балла

Название минерала

– 1,5 балла

Формулы веществ **B-F**, **X** и **Y**: 7*1,5

– 10,5 баллов

Уравнения реакций: 5*2

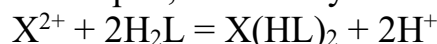
– 10 баллов

Максимальное число баллов за задачу

– 25 баллов

Задача 11 – 4. «Хелат». Рекомендации к решению и оценке:

1) Чтобы ответить на первый вопрос, воспользуемся схемой реакции в условии:



С ее помощью можно заметить, что в составе соединения окажется 4 атома азота – каждая молекула диметилглиоксима содержит 2 атома азота, а в составе продукта реакции 2 молекулы. Зная массу 4 атомов азота и их массовую долю, можем вычислить молярную массу соединения:

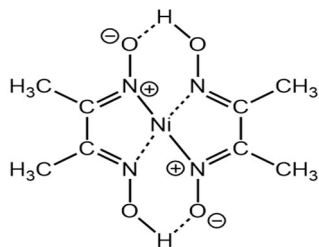
$$M = \frac{4 * M(N)}{w(N)} = \frac{4 * 14}{0.194} = 288.66 \text{ г/моль}$$

Теперь зная молярную массу продукта реакции, можем вычесть молярную массу остатка диметилглиоксима и получим значение молярной массы металла:

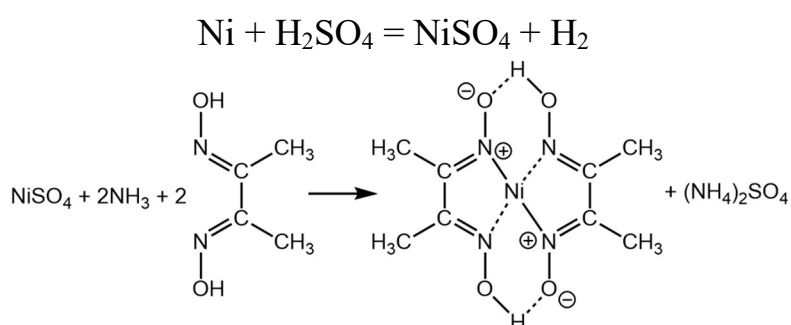
$$M(X) = M(X(HL)_2) - 2 * M(HL) = M(X(HL)_2) - 2 * M(C_4H_7N_2O_2) = 288,66 - 2 * 115 = 58,66 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = M(Ni)$$

Таким образом, металл **X** – это никель.

2) С использованием схемы реакции можем заметить, что не все атомы водорода в составе гидроксогрупп отщепляются. Из схемы реакции так же видно, что на 1 ион никеля приходится 2 молекулы реактива Чугаева. С учетом этих соображений, изобразим структуру:



3) Для вычисления массовой доли никеля в составе образца сплава, найдем массу никеля. Для этого запишем уравнения реакций и найдем количество вещества металла:



Из записанных реакций видно, что количество вещества никеля равно количеству вещества осадка:

$$n(\text{Ni}) = n(\text{Ni}(\text{HL})_2) = \frac{m(\text{Ni}(\text{HL})_2)}{M(\text{Ni}(\text{HL})_2)} = \frac{0,288}{288} = 0,001 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ni}) = n(\text{Ni}) * M(\text{Ni}) = 0,001 * 58,7 = 0,0587 \text{ г}$$

$$w(\text{Ni}) = \frac{m(\text{Ni})}{m(\text{сплав})} = \frac{0,0587}{1} = 5,87\%$$

4) «Хелат» (от греч. «chele» – клешня) – комплексное соединение металла с органическим веществом (лигандом), в котором лиганд образует несколько химических связей с центральным атомом. Лиганд при этом как бы захватывает ион металла, как краб хватается клешней добычу.

Установлен металл	– 2 балла
Предложена структура вещества	– 3 балла
Уравнение реакции растворения никеля	– 2 балла
Уравнение реакции образования комплексного соединения	– 2 балла
Вычислено количество вещества никеля	– 2 балла
Вычислена массовая доля никеля	– 2 балла
Расшифровка названия задачи	– 2 балла
Уравнения реакций: 5*2	– 10 баллов
Максимальное число баллов за задачу	– 25 баллов

Максимальное число баллов за задачи 11 класса – 100 баллов