



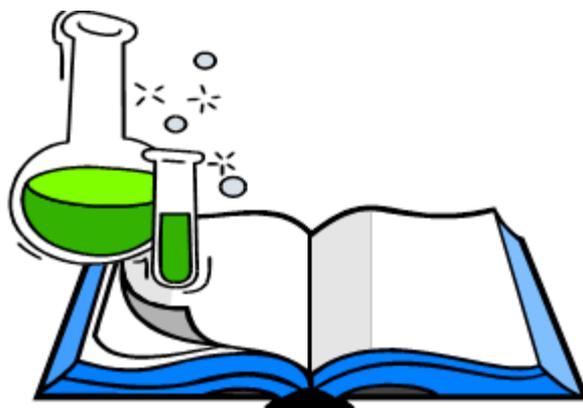
Кировское областное государственное автономное образовательное
учреждение дополнительного образования
«ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОДАРЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ»

ХИМИЯ, 2022

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

в Кировской области
в 2022/2023 учебном году



Киров
2022

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 2022–2023 учебном году / Сост. И. М. Алалыкина, М. А. Бакулева, М. А. Зайцев, И. Д. Кормщиков, А.Н. Лямин, И. А. Токарева// Под ред. М. А. Зайцева, А. В. Захарова, А.Н. Лямина, И. А. Токаревой. – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2022. – 39 с.

Авторы, составители

Алалыкина И. М.	методист ЦДООШ;
Бакулева М. А.	методист ЦДООШ;
Зайцев М. А.	к.п.н., заведующий кафедрой фундаментальной химии и методики обучения химии ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»;
Кормщиков И. Д.	студент химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова»;
Лямин А. Н.	доцент, к.п.н., преподаватель ЦДП ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России;
Токарева И. А.	старший преподаватель кафедры менеджмента и товароведения ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России.

Рецензенты:

Зайцев М. А.	к.п.н., заведующий кафедрой фундаментальной химии и методики обучения химии ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»;
Захаров А. В.	преподаватель кафедры фундаментальной химии и методики обучения химии ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»;
Лямин А. Н.	доцент, к.п.н., преподаватель ЦДП ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России;
Токарева И. А.	старший преподаватель кафедры менеджмента и товароведения ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России.

Подписано в печать 11.11.2022

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага типографская. Усл. печ. л. 2,24

Тираж 450 экз.

© Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования «Центр дополнительного образования одаренных школьников», Киров, 2022.

© Алалыкина И.М., Бакулева М. А., Зайцев М.А., Кормщиков И. Д., Лямин А.Н., Токарева И. А., 2022.

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 расшифровывает работы.

3. Продолжительность олимпиады по химии в 2022–2023 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 2022–2023 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 – 20. 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

Задача 7-1. «Морской бой».

В прошлом году Знайка Зазнайкина играла в крестики нолики с лаборантом Васильком и проиграла ему. В этот раз она решила отыгаться и выбрала игру, химический морской бой. Кораблями являлись ячейки химических элементов, а координаты – это номер периода и номер группы химического элемента.

Знайка зачитывала лаборанту описание простого вещества, которое образует химический элемент. Лаборант в матрице ответов, которая построена по аналогии с периодической системой химических элементов Д.И. Менделеева, отмечал место расположения кораблей Знайки (в соответствии с координатами) и знаки химических элементов;

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1								
2					N			
3				Si				
4	K						Cl	
5				Sn	Sb			
6								

в результате получил данную матрицу:

Построй свою матрицу, используя следующие описания веществ, и узнаешь, удалось ли отыгаться Знайке:

а) Черный порошок представляет собой простое вещество. Не растворим в воде и плавает на ее поверхности. При сгорании на воздухе образует газ, который является продуктом жизнедеятельности.

б) Вещество в жидком виде имеет светло-голубой цвет, в твердом виде – это кристаллы светло-синего цвета, а в газообразном виде – это газ без цвета и запаха. В соединении с самым легким газом данное вещество образует жидкость, из которой любой живой организм состоит более, чем на 70%.

в) Как простое вещество – это серебристо-белый металл. В организме человека как элемент в большей степени он находится в скелете и зубах. При обычном рационе около 80% данного элемента поступает в организм человека с молочными продуктами.

г) Хрупкое вещество стального цвета с зеленоватым оттенком. Свое название в русском языке получило от слова «мышь». Соединения данного элемента использовали для борьбы с мышами и в стоматологии.

д) Неметалл чёрного цвета. Применялся при производстве стекла рубиновых звезд Московского Кремля. Так как человек не может получать этот элемент в нужных порциях из продуктов питания, дефицит данного элемента в организме приводит к выпадению и ломкости волос.

е) Ковкий и тяжелый металл серебристо белого цвета с синеватым отливом. В древнем Риме из него был сделан водопровод, что стало причиной первой в истории экологической катастрофы, т.к. римляне не знали о токсичности этого металла.

Задания:

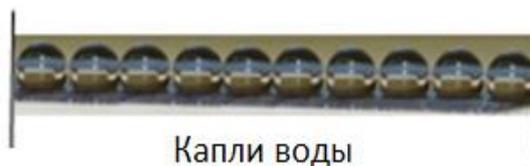
1. Постройте свою матрицу боя. Сравните её с матрицей Василька. Определите исход игры.

2. Составьте формулы простых веществ, которые зашифрованы в задании.
3. Правильно ли лаборант указал координаты элементов?

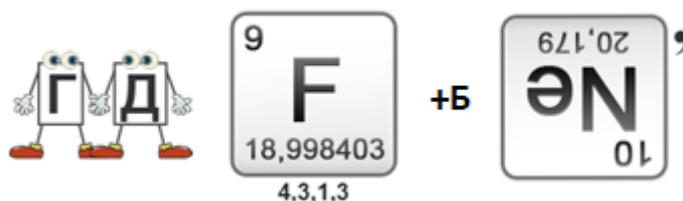
Задача 7-2. «Как две капли воды...».

Осень – прекрасная пора, но выходя на улицу мы часто задумываемся о том, какую обувь и одежду нам нужно надеть, чтобы не промокнуть под дождём. А вы не задумывались, почему вода на некоторых поверхностях образует капли, имеющие форму шариков, тогда как на других – образует тонкий слой. В физике это явление называют смачивание и не смачивание.

Как вы думаете, на поверхности каких веществ, которые нам могут встретиться в повседневной жизни, вода будет образовывать капли: стекло, сера, дерево, сажа, воск, картон, резина, поваренная соль, сахар, жир, золото, сахар, пластилин.



На фото вы видите, как ведет себя вода, если нанести ее на специальное покрытие. Рассчитайте диаметр капель, зная, что длина ряда капель составляет 10 см, а фотография сделана с 2,5-кратным увеличением. В ребусе зашифровано название покрытия, на поверхности которого вода может собираться в капли.



Вода вообще отличается многими уникальными характеристиками, которые нельзя встретить больше нигде. Она способна растворить большую часть существующих в природе соединений. И мы пользуемся этим свойством в повседневной жизни.

Например, чтобы вывести двойку из вашего дневника вам понадобится 100 мл воды, 200 мл 75%-го этилового спирта плотностью – 0,85 г/ см³ и 10 г пищевой соды. Готовый раствор можно наносить на двойку, пока она не исчезнет. Рассчитайте процентное содержание спирта в полученном растворе.

Задания:

1. Выберите из списка вещества, которые не смачиваются водой.
2. Рассчитайте диаметр одной капли.
3. Запишите название покрытия, которое зашифровано в ребусе.
4. Рассчитайте процентное содержание спирта в полученном растворе.

Задача 7-3. «Мистер X».

Химия может объяснить, почему вещества отличаются друг от друга, какое строение они имеют, как происходят превращения веществ. Но для успешного понимания химии прежде всего нужно знать названия и произношение химических элементов.

Выпишите из матрицы знаки элементов-металлов, у которых произношение не совпадает с названием, запишите их по образцу: «знак – произношение – название».

C	Na	S	H	I	Li
Cu	J	O	P	Yo	Cl
Au	So	Fe	Lo	Cr	At
K	Da	A	N	Br	Se
Cs	Lc	Fr	X	F	As
Mg	Rc	Ca	Sr	Z	Pb

А если Вы закрасите ячейки, в которых указаны знаки химических элементов, то получите символ еще одного элемента-металла, входящего в состав удобрения, которое стимулирует рост корневой системы, ускоряет фотосинтез, что позволяет получить урожай быстрее в холодных регионах. В сентябре 2011 года «ОХК «УРАЛХИМ» представил данное удобрение на крупнейшей сельскохозяйственной выставке в Европе, проходившей в Польше. Известно, что его молярная масса в 1,2 раза больше молярной массы питьевой соды, а массовые доли кислорода и азота соответственно равны: 47,5%, и 13,9%.

Задания:

1. Запишите знаки элементов-металлов по данному образцу.
2. Укажите знак и название элемента, который спрятан в матрице.
3. Определите формулу удобрения.

Задача 7-4. «Лёд или не лёд? Вот в чем вопрос?»

Проводя эксперимент по теме «Агрегатное состояние вещества», учительница поставила на стол два кристаллизатора с веществами, которые на первый взгляд напоминали обычный снег.

Когда учительница в кристаллизаторы налила кипятка, то ученики очень удивились.

В первом кристаллизаторе вещество просто растаяло под действием высокой температуры, а во втором случае ученики наблюдали бурное выделение стелящегося белого дыма.



Кристаллизатор №1



Кристаллизатор №2

После эксперимента ученики сделали вывод, что вещества могут находиться в трёх агрегатных состояниях: жидком, твёрдом и газообразном, но учительница обратила их внимание, что есть вещества, у которых при стандартных условиях жидкая фаза отсутствует.

Задания:

1. Укажите название фазовых переходов из одного агрегатного состояния в другое в первом и во втором случае. Как вы думаете, что такое дым. Дайте своё определение этому термину.
2. Запишите названия и формулы веществ, которые находились в кристаллизаторах.
3. Запишите название и формулу ещё одного вещества, которое при атмосферном давлении может находиться только в двух агрегатных состояниях. Раствором данного вещества пользовался почти каждый из вас, известно, что он обладает антисептическими свойствами.

ВОСЬМОЙ КЛАСС

Задача 8-1. «Термометрия». В современных термометрах в качестве термометрирующей жидкости используется сплав трех металлов. Сплав легкоплавкий, нетоксичный, при комнатной температуре не изменяется на воздухе и не реагирует с водой. Сплав называется ГАЛИНСТАН. В названии сплава использованы латинские названия металлов, входящих в его состав. Массовые доли металлов в сплаве следующие: на самый тяжелый из них приходится 10%, на самый легкий – 68,5%, оставшаяся доля – на третий металл.

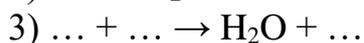
Задание:

1. Определите, какие металлы входят в состав сплава, приведите символы элементов и их русские названия.

2. Рассчитайте массы металлов, необходимые для приготовления 500 г сплава ГАЛИНСТАН. В задаче требуются расчёты, они обязательно должны быть приведены в решении. Ответ, приведённый без расчётов, не засчитывается.

Задача 8-2. «Химические реакции».

Приведены четыре схемы:



Задание:

1. В соответствии со схемами приведите уравнения химических реакций четырех типов. В схеме одно троеточие обозначает формулу одного вещества. В РЕАКЦИЯХ, ПРИВЕДЕННЫХ В РЕШЕНИИ УЧАСТНИКОМ ОЛИМПИАДЫ, ДОЛЖНЫ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНЫ РАЗНЫЕ ВЕЩЕСТВА!

2. Укажите типы химических реакций, примеры которых вы привели.

Задача 8-3. «Серная кислота»

Вплоть до середины VIII века алхимики получали серную кислоту способом, основанным на разложении некоторых сернокислых солей при нагревании. Исходным материалом для данного способа служил так называемый «зеленый камень» – минерал, в состав которого входит железный купорос – FeSO₄·7H₂O.

При прокаливании минерал разлагался на оксид железа (III), сернистый газ, триоксид серы и воду (реакция 1). При охлаждении смеси триоксида серы и воды получалась серная кислота (реакция 2).

Разбавляя продукт реакции 2, получали серную кислоту необходимой крепости (концентрации).

Задание:

1. Составьте уравнения реакции 1 и реакции 2.

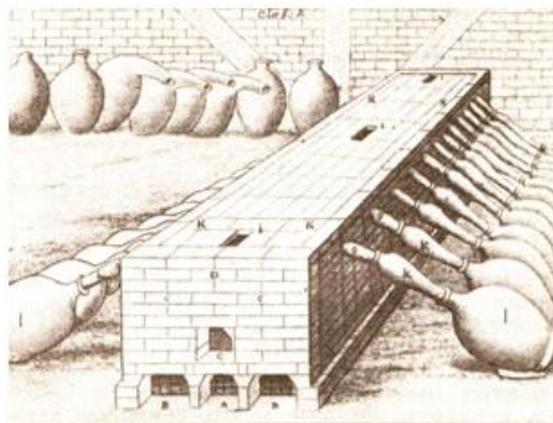


Рисунок - Получение серной кислоты при прокаливании купороса

2. Рассчитайте массу железного купороса, необходимого для получения 3 литров 60% серной кислоты ($\rho = 1,498 \text{ г/см}^3$). В задаче требуются расчёты, они обязательно должны быть приведены в решении. Ответ, приведённый без расчётов, не засчитывается.

3. Какое тривиальное название дали серной кислоте, полученной таким способом?

Задача 8-4. «Неизвестные вещества». Даны следующие вещества: озон, марганцовокислый калий, углекислый газ, диоксид марганца, сернистый газ, бертолетова соль, оксид фосфора (V).

Задание:

1. Установите, которому из веществ соответствует приведенное описание. Приведите формулы этих веществ и названия их по систематической номенклатуре.

Вещество А – при его разложении образуется только кислород (реакция 1).

Вещество Б – из двух молекул его при разложении выделяется одна молекула кислорода (реакция 2).

Вещество В – в 100 граммах этого вещества содержится 50 граммов кислорода.

Вещество Г – образуется при термическом разложении одного из перечисленных веществ и является катализатором разложения бертолетовой соли (реакция 3). Свои ответы аргументируйте, приведите необходимые расчеты.

2. Составьте уравнения реакций 1, 2, 3.

ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

Задача 9-1. «Морской бой». В прошлом году Знайка Зазнайкина играла в крестики нолики с лаборантом Васильком и проиграла ему. В этот раз она решила отыгаться и выбрала игру, химический морской бой. Кораблями являлись ячейки химических элементов, а координаты – это номер периода и номер группы химического элемента.

Знайка зачитывала лаборанту описание веществ. Лаборант в матрице ответов, которая построена по аналогии с периодической системой химических элементов Д.И. Менделеева, отмечал место расположения кораблей Знайки (в соответствии с координатами) и знаки химических элементов; в результате получил данную матрицу:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1						O		
2	Li				N			
3				Si				
4		Cu						
5								
6								

Построй свою матрицу, используя следующие описания веществ, и узнаешь, удалось ли отыгаться Знайке:

а) Легкоплавкий блестящий металл. Известно, что пуговицы на мундирах армии Наполеона были сделаны из данного металла. Если рассчитаешь молярную массу, зная, что в 13 г металла содержится $0,657 \cdot 10^{22}$ атомов, то ты поймешь, какой элемент загадала Знайка.

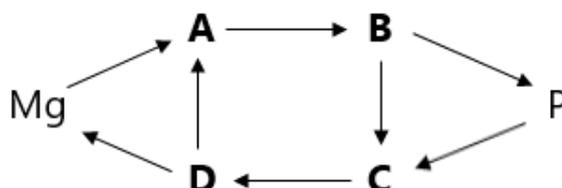
б) Легкий серебристо-белый металл способный «отнимать» кислород у многих оксидов. Этот металл интересен тем, что он способен гореть в атмосфере углекислого газа. Данный химический элемент относят к группе макроэлементов, т.к. он укрепляет сердечную мышцу и улучшает иммунитет.

в) В отдельных видах плодовых косточковых культур семейства розоцветных (черемуха, персик, абрикос) содержится вещество X, в его состав входит сразу три элемента. При сгорании вещества X на воздухе выделяется 208,43 кДж теплоты, образуется вода, углекислый газ и одно простое вещество. Полученный при этом газ пропустили через раствор гидроксида натрия массой 80,0 г с массовой долей щелочи 40 %. Рассчитайте массовую долю соли в полученном растворе, если известно, что теплота сгорания вещества X равна 2667,88 кДж

Задания:

- 1) Построй свою матрицу боя.
- 2) Удалось ли лаборанту Васильку потопить все корабли Знайки?
- 3) Рассчитайте молярную массу металла из пункта, а.
- 4) Составьте структурную формулу и запишите название вещества из пункта в, зная, что валентность одного из элементов равна IV, также рассчитайте массовую долю соли в полученном растворе.
- 5) Напиши уравнения упомянутых реакций.

Задача 9-2. «Схема». На схеме превращений магний и фосфор обозначены знаками соответствующих химических



элементов, остальные вещества обозначены буквами **A, B, C, D**.

Задания:

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные в схеме превращения. Укажите условия осуществления реакций, в случае если они отличаются от стандартных, при этом нужно учесть, что одна стрелка, это одно превращение.

2. Установите формулы веществ **A, B, C, D** и дайте им названия.

Внимание!!! При оценивании задания баллы ставятся только, за те вещества и написанные уравнения реакций, которые приведут к верно расшифрованной схеме.

Задача 9-3 «Изотопы».

*Стакан наполовину...?
Риторический вопрос*

Для пытливого ума даже самый обычный стакан воды полон нового и интересного. Так, самая обычная вода не всегда является самой обычной водой. Известно, что в природе атомы водорода существуют в виде трех основных изотопов: протий ^1H , дейтерий ^2D , тритий ^3T . Аналогично и атомы кислорода существуют в виде трех основных изотопов: ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O .

Задания:

1. Что такое изотопы?
2. Составьте всевозможные формулы молекул воды в стакане.
3. Для каждой составленной формулы воды вычислите молярную массу.
4. Оцените, сколько молекул воды, содержащих хотя бы один атом дейтерия, находится в 250 мл воды. Содержание дейтерия в воде 0,0115% по массе. Плотность воды примите равной 1 г/мл. Молярную массу воды примите равной $M(\text{H-}^{16}\text{O-H}) = 18$ г/моль.
5. Объясните, почему для настоящего химика стакан всегда полон?

Справочная информация: запись формул с различными изотопами в составе следует вести $\text{H-}^{16}\text{O-H}$ или $\text{D-}^{17}\text{O-T}$.

Задача 9-4. «Консерванты»

Консерванты – большая группа веществ, затрудняющих жизнедеятельность микроорганизмов в пищевых продуктах, лекарствах и косметике. Большинство веществ этой группы часто встречаются в природе, в том числе синтезируются живыми организмами.

Одним из распространенных консервантов является вещество X с активным антимикробным действием, которое часто поставляется в смеси с веществом Y. В лабораторию отдела контроля качества поступил образец такой смеси. Чтобы убедиться в качестве продукции, смесь проанализировали:

1. Образец полностью растворился в воде с образованием бесцветного прозрачного раствора. Исследования раствора показали, что его pH равен 8,8.
2. При внесении сухого образца в пламя горелки наблюдалось желтое окрашивание пламени.
3. К раствору добавили раствор AgNO_3 – наблюдалось выпадение белого творожистого осадка.
4. Добавление хлорида аммония к раствору приводит к выделению бесцветного газа без запаха, в котором тлеющая лучинка гаснет.

Массовое содержание действующего компонента смеси (вещество X) определили методом перманганатометрии:

А) Образец смеси массой 50,0 г растворили в 1 литре воды.

Б) Аликвотную долю полученного раствора объёмом 20,0 мл оттитровали подкисленным серной кислотой раствором перманганата калия с концентрацией 0,01 М. На титрование аликвоты ушло 3,40 мл раствора перманганата калия.

Задания:

1. Установите вещества X и Y. Ответ объясните и представьте в формате «буква – формула».
2. Объясните, почему раствор имеет такой pH?
3. Напишите уравнения реакций качественного анализа исследуемого образца.
4. Обработайте результаты количественного анализа исследуемого образца – вычислите массовую долю вещества X в смеси.

ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

Задача 10-1. «Морской бой».

В прошлом году Знайка Зазнайкина играла в крестики нолики с лаборантом Васильком. В этот раз она решила сразиться с ним в игре под названием «Химический морской бой». Кораблями являлись ячейки с формулами химических соединений, которые расположены на поле с буквенно-числовыми координатами.

Знайка зачитывала лаборанту описание вещества. Лаборант в матрице ответов отмечал место расположения кораблей Знайки (в соответствии с координатами), записывал формулу загаданного вещества и получил следующую матрицу.

	А	Б	В	Г
1				CO ₂
2				
3		C ₃ H ₄ O ₂		
4				
5				
6			H ₂ CO ₃	
7				
8	H ₂ O	C ₆ H ₁₂ O ₆		

Построй свою матрицу, используя следующие описания веществ, и узнаешь, удалось ли одержать победу Знайке, а также немало интересных фактов о химии, связанных с миром животных:

а) Корабль с координатами Г1:

Канарейки проявляют высокую чувствительность к запаху этого газа. Известно, что это бинарное соединение, относительная плотность его по воздуху равна 0,552. Эта особенность в прошлом всегда использовалась работниками шахт, которые всегда брали с собой маленьких птичек под землю. В том случае, если канарейки прекращали петь, это означало, что следует немедленно подниматься вверх. Канарейки очень чувствительны к данному газу, все благодаря их небольшому размеру, и особенной дыхательной системе.

б) Корабль с координатами Б3:

В молоке крольчихи содержится низкомолекулярное вещество. Именно оно служит феромоном, который помогает новорожденным крольчатам отыскать сосок матери-крольчихи. Известно, что при сжигании навески данного вещества массой 4,2 г образуется 5,6 л углекислого газа (н.у.) и 3,6 г воды. Феромон относится к классу альдегидов, второй атом углерода в соединении является третичным и находится в sp²-гибридизации.

в) Корабль с координатами В6:

Переваривание пищи у муравьеда, в отличие от большинства млекопитающих, происходит не за счет соляной кислоты, используемой для переваривания в организме других животных, а за счет данного вещества, которое поступает в организм животного вместе с едой.

г) Корабли с координатами А8 и Б8:

Жук бомбардир имеет в себе мини химическую лабораторию. В задней части жука расположены камеры с разными химическими веществами, которые в смеси создают струю, достигающую температуру 100°C.

Два набора химических веществ размещаются в двух железах, каждая из которых разделена на два отсека. Атакующая смесь производится сразу перед выстрелом. Вначале ферменты (каталаза и пероксидаза) вступают в реакцию с веществом – А8 в результате чего образуется атомарный кислород. Это очень сильный окислитель, который вступает в реакцию с гидрохиноном, окисляя его

до вещества – **Б8**. Реакция у жука идет настолько быстро, что едкая разогретая смесь выстреливается с громким звуком во врага.

Задания:

1. Построй свою матрицу боя, указав формулы и названия веществ. Сравните с матрицей Василька. Определите исход игры.
2. Запишите три способа получения вещества из пункта а.
3. Определите молекулярную, структурную формулу и укажите название вещества из пункта б.
4. Напишите уравнение окисления гидрохинона веществом А8.

Задача 10-2. Желтоватые осадки. Юный химик провел три опыта.

В первом опыте при сливании водных растворов двух газообразных веществ, образованных одним и тем же химическим элементом (вещества А и Б), выпал желтоватый осадок (осадок 1, реакция 1). Юный химик осадок отфильтровал, высушил, а затем сильно нагрел в фарфоровой чашке, накрыв ее опрокинутой стеклянной воронкой.

Во втором опыте к жидкости, окрашивающей лакмус в красный цвет (вещество В) юный химик прилил некоторый раствор, слабый, но насыщенный (вещество Г). Образовался желтоватый осадок (осадок 2, реакция 2), вскоре почерневший (реакция 3).

В третьем опыте к водному раствору органического вещества, имеющего характерный запах и не содержащего в молекулах кратных связей (вещество Д), юный химик добавил купленный в аптеке раствор красно-бурого цвета (вещество Е), затем по каплям стал добавлять жидкость, окрашивающую лакмус в синий цвет (вещество Ж). Постепенно раствор становился светлее. Юный химик продолжил добавлять по каплям жидкость (вещество Ж), и через некоторое время выпал желтоватый осадок (осадок 3, реакция 4). Юный химик пробирку с полученной смесью нагрел, раствор стал прозрачным и бесцветным. При охлаждении пробирки в воде вновь появился желтоватый осадок.

Задания:

1. Объясните явления, приводящие к образованию осадков при проведении опытов. Что произошло с осадком 1 при его нагревании в фарфоровой чашке? Почему при нагревании пробирки в третьем опыте осадок исчезает, а при последующем охлаждении вновь появляется?
2. Приведите формулы и названия веществ А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, осадков 1, 2, 3. Напишите уравнения реакций 1, 2, 3, 4.
3. Где применяется процесс, воспроизведенный во втором опыте? Как можно предотвратить излишнее почернение смеси? Приведите уравнение реакции.
4. Как называется купленный в аптеке препарат, содержащий вещество Е, и какой состав он имеет?

Задача 10-3. «Заварка».

Человек, не выпивший чаю, находится в разладе со вселенной
Японская пословица

Приготовление чая – нехитрое дело. Однако и эта ежедневная операция с точки зрения химии представляет интерес. Процесс заваривания чая удобно

представить, как процесс экстракции. Для удобства рассмотрения экстракцию компонентов чая представим равновесной схемой:

Компоненты чая в листе \rightleftharpoons Компоненты чая в воде

Как и любое равновесие, экстракционное равновесие характеризуется константой. Такая константа позволяет находить важный параметр для экстракции: степень извлечения вещества (α) – долю вещества, которая перешла из одной фазы в другую.

Вам предлагается описать процесс заваривания чая с точки зрения химии. Для этого ответьте на вопросы и воспользуйтесь справочными данными.

Задания:

1. Дайте определение понятию экстракция?

2. Часто экстракция используется в экспериментальной практике для выделения веществ из реакционной смеси. Для выделения некоторого вещества можно поступить двумя путями: экстрагировать вещество тремя порциями по 10 мл растворителя или одной порцией 30 мл растворителя. Установите, в каком случае удастся выделить больше вещества, если степень извлечения постоянна и равна 0,5? Ответ подтвердите расчетом.

3. В отечественной культуре существует «традиция» использовать заварку несколько раз. Считая степень экстракции постоянной, вычислите, какую массу компонентов чая удастся выделить в процессе второй заварки при температуре 90°C из стандартного чайного пакетика, содержащего 2 г чая.

4. Установите, экзо- или эндотермическим является процесс заваривания чая, если степень экстракции при температуре 90°C равна 37,10%, а при температуре 60°C равна 19,35%. Вычислите тепловой эффект процесса. Ответ подтвердите расчетом.

P.S. Справочные материалы:

Для реакции $aA + bB = cC + dD$ константой равновесия называется отношение равновесных концентраций продуктов к равновесным концентрациям реагентов в степенях, равных стехиометрическим коэффициентам

$$K = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Зависимость константы равновесия от температуры описывается уравнением ($T_1 < T_2$):

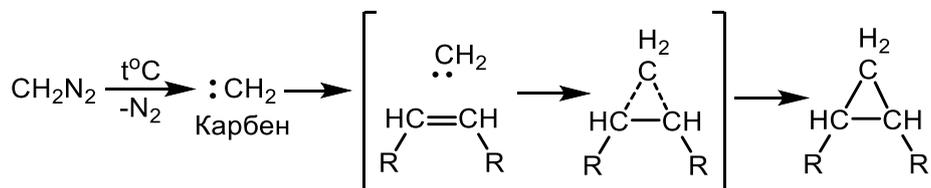
$$\Delta H^\circ = \frac{RT_1T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{K_{T_2}}{K_{T_1}}$$

T – абсолютная температура в Кельвинах: $T = 273,15 + t$ °C

R – универсальная газовая постоянная: 8,31 Дж/(моль·K)

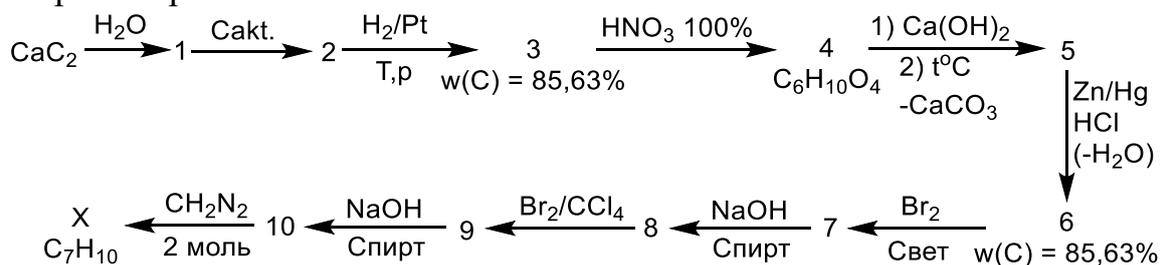
$\Delta_r H^\circ > 0$ для эндотермических реакций, $\Delta_r H^\circ < 0$ для экзотермических реакций

Задача 10-4. «Циклопропан». Циклопропанирование – распространенный метод построения циклопропановых систем. Часто для построения циклопропанового фрагмента используют diazometan (CH_2N_2) и молекулу, содержащую двойную связь. При нагревании или облучении diazometan выделяет азот и образуется чрезвычайно реакционноспособная частица – карбен. Карбен атакует двойную связь и образует циклопропан.



Однако диазометан представляет собой взрывоопасный газ с неприятным запахом. Поэтому чаще для циклопропанирования используют более безопасные и удобные в работе производные вещества **Y**, содержащие тот же структурный фрагмент, что и диазометан. При сжигании на воздухе 2,15 г вещества **Y** образуется 1,12 л углекислого газа (при н.у.), 0,45 г воды и 0,56 л азота (при н.у.). Известно, что при взаимодействии вещества **Y** с содой наблюдается выделение газа.

Ниже представлена схема получения весьма симпатичного трициклического углеводорода **X** с использованием реакции циклопропанирования.



Задания:

1. Приведите структурную формулу диазометана.
2. Предположите, как образуется карбен. Ответ подтвердите структурными формулами промежуточных веществ.
3. Установите структуру вещества **Y**. Ответ подтвердите расчетом.
4. Осуществите цепочку превращений. Приведите структурные формулы соединений 1 – 10, **X**. Ответ представьте в формате «цифра – структура».

ОДИННАДЦАТЫЙ КЛАСС

Задача 11-1. «Монооксид дигидрогена».

Кристаллогидраты – кристаллические вещества, содержащие химически связанные молекулы воды в структуре кристалла. Известно довольно много кристаллогидратов самого разного состава. Установление содержания кристаллизационной воды в составе вещества – важная задача, поскольку для получения веществ необходимо однозначно понимать весовую форму вещества. Для некоторых веществ это довольно просто сделать – при нагревании кристаллизационная вода улетучивается, вещество теряет массу.

Однако существует достаточно много кристаллогидратов, неустойчивых при нагревании. Примером такого кристаллогидрата является вещество **X**, которое разлагается уже при 66 °С. Для установления состава вещества **X** провели серию опытов (каждый опыт с новой пробой):

- 1) добавили раствор NaOH – выпал белый осадок (*реакция 1*), растворимый в избытке щелочи (*реакция 2*);
- 2) добавили NH₃ – выпал белый осадок (*реакция 3*), нерастворимый в избытке аммиака;
- 3) добавили раствор Na₂S – выпал белый осадок и выделился газ с запахом тухлых яиц (*реакция 4*);
- 4) добавили несколько капель концентрированной серной кислоты и кусочек меди – выделился бурый газ (*реакция 5*);
- 5) к навеске вещества массой 0,1319 г добавили ацетиленид кальция (*реакция 6*). Выделившийся газ **Y** поглотили водой в присутствии HgSO₄ (*реакция 7*). В результате образовалось вещество **Z**, способное взаимодействовать с 5,85 мл подкисленного раствора KMnO₄ с концентрацией 0,1082 М (*реакция 8*).

Задания:

1. Установите формулу вещества **X**. Ответ подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций.
3. Что такое «монооксид дигидрогена»? Приведите формулу вещества.

Задача 11-2. «Белые кристаллы».

Белые игольчатые кристаллы розового оттенка с температурой плавления чуть выше 40° С, обладающие весьма специфическим запахом, при контакте с кожей человека вызывают ожоги, а вдыхание паров этого вещества приводит к расстройству нервной системы, нарушению работы органов дыхания и сердца. Между тем, в середине XIX века английский хирург первым использовал это вещество (**A**) в медицинских целях.

94 г вещества (**A**) растворили в 1 л одномолярного раствора щёлочи натрия, полученный раствор упарили досуха и высушенный остаток, представляющий собой вещество (**B**) со 100 % выходом, перенесли в лабораторный реактор, в который при 180° С и при повышенном давлении пропускали углекислый газ до прекращения его поглощения. Полученный таким образом со 100 % выходом продукт (**B**) извлекли из реактора и растворили в воде. К полученному раствору прилили 1000 мл 1 М раствора хлороводорода, после чего выпал осадок вещества (**Г**), который отфильтровали

и высушили. Масса продукта (Г) составила 90 % от теоретически возможной. Смесь, состоящую из 102 г уксусного ангидрида, 5 мл концентрированной серной кислоты и всего количества полученного вещества (Г), поместили в лабораторный реактор и грели в течение нескольких часов. После чего смесь из реактора охладили до комнатной температуры и растворили в воде. Выпавшие белые игольчатые кристаллы вещества (Д) отфильтровали и высушили. Масса продукта (Д) составила 90 % от теоретически возможной.

Именно так могла начаться эра самого популярного лекарственного средства, открытого в конце XIX века. В настоящее время употребление этого средства населением нашей планеты превышает 17 миллиардов таблеток в год, не считая других лекарственных форм (порошки, суспензии, растворы и др.).

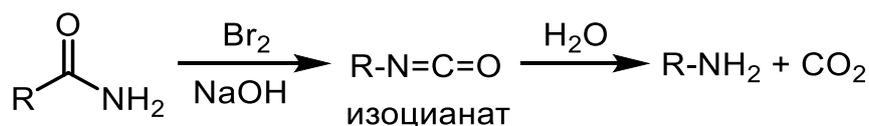
Задания:

1. Приведите структурные формулы веществ (А), (Б), (В), (Г), (Д) с указанием их систематических названий.
2. Приведите уравнения четырёх описанных химических реакций синтеза вещества (Д).
3. Каково фармакологическое действие вещества (Д) и на чём основано столь широкое его употребление населением?
4. Обоснуйте малую растворимость вещества (Г) в образующемся растворе.
6. Какова роль серной кислоты на последней стадии синтеза вещества (Д)?
7. Определите полученную массу вещества (Д).

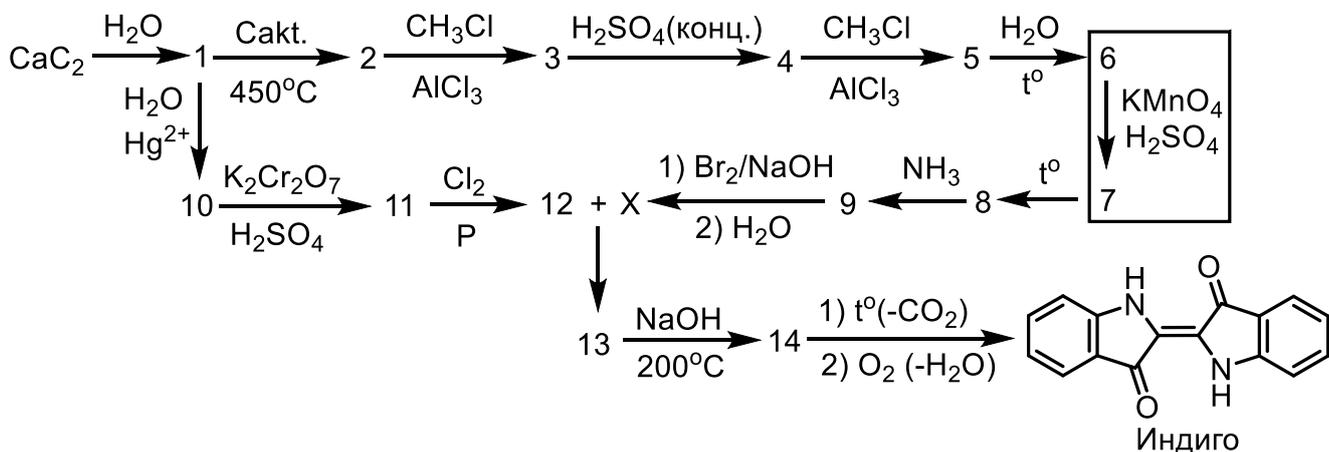
Логически обоснуйте Ваше решение (*обосновать утверждение, – это значит привести те убедительные или достаточные основания, или аргументы, в силу которых оно должно быть принято*).

Задача 11-3. «Blue jeans».

Перегруппировка Гофмана – один из способов получения первичных аминов. Перегруппировка представляет собой превращение амидов в первичные амины, содержащие на один атом углерода меньше, через стадию образования промежуточного изоцианата:



Эта реакция используется для промышленного получения вещества X – исходного вещества для синтеза красителя индиго, которым окрашивают джинсовые изделия. Ниже представлена схема получения индиго.

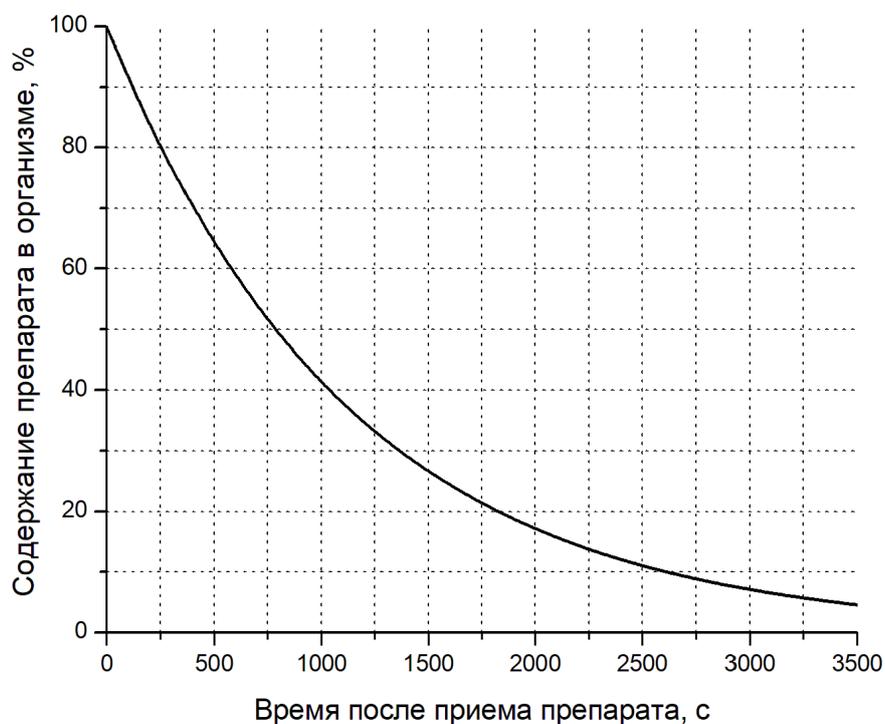


Задания:

1. Осуществите цепочку превращений. Приведите структурные формулы соединений 1-14, X. Ответ представьте в формате «цифра – структура».
2. Напишите уравнение реакции, выделенной рамкой (превращение «6→7»).

Задача 11-4. «Кхе-кхе».

Изучение фармакокинетических свойств препарата представляет собой исследование зависимости содержания препарата от времени, скорости его накопления и превращения в отдельных органах. Часто действие препаратов довольно точно описывается стандартными кинетическими моделями. На рисунке представлена зависимость содержания препарата в организме от времени. Внимательно изучите зависимость и ответьте на следующие вопросы с использованием справочных данных:



Задания:

1. Через сколько времени половина препарата выведется из организма?

2. Известно, что при оценке безопасности препарата измеряют величину «нейтральной активности». Нейтральная активность – это количество препарата, в 10 раз меньше начального, которое не оказывает никакого воздействия на организм, но способно сохраняться длительное время. Определите, через какое время препарат окажется «нейтрально активным».

3. При изготовлении некоторых препаратов действующее вещество образуется непосредственно в момент создания лекарственной формы. Так, например, при изготовлении производных камфоры при 20°C удается завершить реакцию за 27 мин, а при 40 °C – за 3 мин. За какое время удастся осуществить реакцию при 55 °C?

4. Качественно (да-нет) ответьте на вопрос, возможно ли полное выведение препарата из организма? Поясните ваш ответ.

P.S. Справочные материалы:

Для реакций любого порядка константа скорости обратно пропорциональна времени $k = 1/t$

Зависимость константы скорости реакции от температуры описывается уравнением Аррениуса:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

k – константа скорости реакции, E_a – энергия активации реакции (Дж/моль), R – универсальная газовая постоянная (8,31 Дж/(моль·К)), T – абсолютная температура ($T = 273,15 + t$ °C)

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. «Морской бой».

Рекомендации к решению и оценке:

1. в этот раз Знайка выиграла, так как ни один корабль Знайки не был подбит.

Правильная матрица боя:

а) С – углерод; б) О – кислород; в) Са – кальций; г) As – мышьяк; д) Se – селен; е) Pb – свинец.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1								
2				C		O		
3								
4		Ca			As	Se		
5								
6				Pb				

2. С – углерод; O₂ – кислород; Са – кальций; As – мышьяк; Se – селен; Pb – свинец.

3. Была допущена ошибка в координатах хлора. Знак химического элемента хлора находится в 3 периоде, а лаборант поставил его в четвертый.

За определения исхода игры – 1 балл

За определение элемента – по 1 баллу, итого – 6 баллов

За правильные координаты – по 1 баллу, итого – 6 баллов

За составление формул простых веществ – по 1 баллу, итого – 6 баллов

За указание правильных координат химического элемента хлора – 1 балл

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Задача 7-2. «Как две капли воды...».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Вещества, которые не смачиваются водой: сера, сажа, воск, резина, жир, золото, пластилин.

2. Фото имеет увеличение $\times 2,5$, значит реальная длина ряда составляет 4 см или 40 мм.

$d = l / n$, где d – диаметр капли, n – количество капель, l – длина ряда

$d = 40 \text{ мм} / 10 = 4 \text{ мм}$, или 0,4 см – диаметр одной капли.

3. Ответ ребуса: гидрофобное

4. $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = (0,79 \text{ г/мл} \cdot 200 \text{ мл} \cdot 0,75) / (100 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/см}^3 + 0,79 \text{ г/мл} \cdot 200 \text{ мл} + 10 \text{ г}) = 0,44$, или 44 %

За определение веществ – по 1 баллу, итого – 7 баллов

За определение длины ряда – 1 балл

За определение диаметра капли – 1 балл

За решение ребуса – 1 балл

За расчет массы раствора спирта – 2 балла

За расчет массы спирта – 2 балла

За расчет массы воды – 2 балла

За расчет массы смеси

– 2 балла

За расчет процентного содержания спирта в смеси

– 2 балла

Максимальное число баллов за задачу

– 20 баллов

Задача 7-3. «Мистер X».

Знак	Произношение	Название
Cu	купрум	медь
Au	аурум	золото
Fe	феррум	железо
Pb	плюмбум	свинец

C	Na	S	H	I	Li
Cu	J	O	P	Yo	Cl
Au	So	Fe	Lo	Cr	At
K	Da	A	N	Br	Se
Cs	Lc	Fr	X	F	As
Mg	Rc	Ca	Sr	Z	Pb

Если закрасить ячейки со знаками химических элементов, то в матрице можно увидеть знак химического элемента калия.

$$M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{K}_x\text{O}_y\text{N}_z) = 1,2 \cdot 84 = 101 \text{ г/моль}$$

Относительная молекулярная масса вещества M_r численно равна его молярной массе M .

$$n(\text{K}) = 0,386 \cdot 101 / 39 = 1$$

$$n(\text{N}) = 0,139 \cdot 101 / 14 = 1$$

$$n(\text{O}) = 0,475 \cdot 101 / 16 = 3$$

Следовательно, формула удобрения – KNO_3 .

За написание знака ХЭ металла и его произношения – по 2 балла, всего

– 8 баллов

За определение элемента калия

– 2 балла

За определение формулы питьевой соды

– 2 балл

За расчет молярной массы питьевой соды

– 1 балл

За расчет молярной массы $\text{K}_x\text{O}_y\text{N}_z$

– 2 балла

За определения формулы удобрения

– 5 балла

Максимальное число баллов за задачу

– 20 баллов

Задача 7-4. «Лёд или не лёд? Вот в чем вопрос?»

Рекомендации к решению и оценке:

1. В первом случае произошло плавление – это процесс перехода вещества из твёрдого (кристаллического) состояния в жидкое.

Во втором случае произошла сублимация, или возгонка – это процесс перехода вещества из твёрдого (кристаллического) состояния сразу в газообразное, минуя жидкое состояние.

Дым – неоднородная (гетерогенная) система, состоящая из твердых частичек, которые распределены в газовой фазе.

2. В первом кристаллизаторе находился снег – вода H_2O в кристаллическом состоянии, а во втором кристаллизаторе находился «сухой лёд» – твёрдый диоксид углерода CO_2

3. Иод при обычных условиях – твёрдое вещество, чёрно-серые или тёмно-фиолетовые кристаллы со слабым металлическим блеском и специфическим запахом. Пары имеют характерный фиолетовый цвет.

При нагревании при атмосферном давлении иод сублимирует (возгоняется), превращаясь в пары фиолетового цвета; при охлаждении при атмосферном давлении пары иода кристаллизуются, минуя жидкое состояние.

Жидкий иод можно получить, нагревая его под давлением.

За название переходов в опыте № 1 и № 2 – по 4 балла	– 8 баллов
За определение понятия «Дым»	– 2 балла
За определение веществ в кристаллизаторах	– 2 балла
За указание формул данных веществ	– 2 балла
За определение формулы и название вещества из пункта 3	– 6 баллов
Максимальное число баллов за задачу	– 20 баллов

Максимальное число баллов за задачи 7 класса – 80 баллов

ВОСЬМОЙ КЛАСС

Задача 8-1. «Термометрия»

Рекомендации к решению и оценке:

1. В состав сплава ГАЛИНСТАН входят: галлий (Ga), индий (In) и олово (Sn).
2. По условию

$$\begin{aligned}A_r(\text{Sn}) &= 119, \text{ отсюда } \omega(\text{Sn}) = 10\%, \\A_r(\text{Ga}) &= 70, \text{ отсюда } \omega(\text{Ga}) = 68,5\%, \\A_r(\text{In}) &= 115, \text{ отсюда } \omega(\text{In}) = 21,5\%.\end{aligned}$$

Расчет: $m_{\text{металла}} = m_{\text{сплава}} \cdot \omega_{\text{металла}}$

$$\begin{aligned}m(\text{Ga}) &= 500 \cdot 0,685 = 342,5 \text{ (г)}, \\m(\text{Sn}) &= 500 \cdot 0,1 = 50 \text{ (г)}, \\m(\text{In}) &= 500 \cdot 0,215 = 107,5 \text{ (г)}\end{aligned}$$

За определение металлов	– 10 баллов,
За расчет масс металлов	– 10 баллов,
Максимальное количество баллов за задачу	– 20 баллов

Задача 8-2. «Химические реакции».

Рекомендации к решению и оценке:

К проверке принимаются уравнения реакций, которые можно практически осуществить!

Возможное решение данной задачи:

- 1) $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ – реакция соединения,
- 2) $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CuO}$ или $\text{H}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$ – реакция разложения.
- 3) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ – реакция обмена, реакция нейтрализации.
- 4) $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$ – реакция замещения.

Возможен и гидролиз, например:

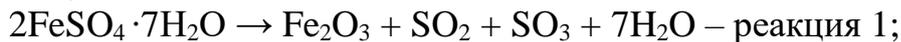


За составление уравнений реакций	– 16 баллов
За указание типа реакции	– 4 балла
Максимальное количество баллов за задачу	– 20 баллов

Задача 8-3. «Серная кислота»

Рекомендации к решению и оценке:

1. Уравнения реакций:



2. Расчет:

2.1 Рассчитаем количество серной кислоты в растворе:

$$\omega = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{раствора}}} \cdot 100\%, \text{ отсюда } m_{\text{вещества}} = \omega \cdot m_{\text{раствора}}$$

$$m_{\text{раствора}} = V \cdot \rho, m_{\text{раствора}} = 3000 \cdot 1,498 = 4\,494 \text{ (г)},$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,6 \cdot 3000 \cdot 1,498 = 2696,4 \text{ (г)},$$

$$\text{что составляет } - n = \frac{m}{M} = \frac{2696,4}{98} = 27,51 \text{ (моль)}.$$

2.2 Рассчитаем массу железного купороса:

В соответствии с уравнениями реакций 1 и 2:

$$n(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) : n(\text{SO}_3) : n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 : 1 : 1,$$

$$\text{т.е. } n(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 2n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 27,51 \cdot 2 = 55 \text{ (моль)},$$

$$m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 55 \cdot 278 = 15\,290 \text{ (г)}$$

3. Серная кислота, полученная таким способом, называлась: дымящей, нордгаузенской кислотой или купоросным маслом.

За составление уравнения реакции 1

– 4 балла

За составление уравнения реакции 2

– 1 балл

За расчет

– 12 баллов

За тривиальное название кислоты

– 3 балла.

Максимальное количество баллов за задачу

– 20 баллов

Задача 8-4. «Неизвестные вещества».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Вещество А – озон O_3 , трикислород,

Вещество Б – KMnO_4 , перманганат калия,

Вещество В – SO_2 , оксид серы (IV),

Вещество Г – MnO_2 , оксид марганца (IV).

Расчет:

$$M(\text{O}_3) = 48 \text{ г/моль, в 1 моль } m(\text{O}) = 48 \text{ г},$$

$$M(\text{KMnO}_4) = 158 \text{ г/моль, в 1 моль } m(\text{O}) = 64 \text{ г},$$

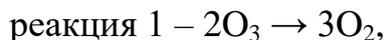
$$M(\text{MnO}_2) = 90 \text{ г/моль, в 1 моль } m(\text{O}) = 32 \text{ г},$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль, в 1 моль } m(\text{O}) = 32 \text{ г},$$

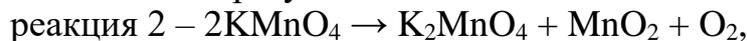
$$M(\text{P}_2\text{O}_5) = 142 \text{ г/моль, в 1 моль } m(\text{O}) = 80 \text{ г},$$

$M(\text{SO}_2) = 64 \text{ г/моль, в 1 моль } m(\text{O}) = 32 \text{ г, т.е. масса кислорода в 2 раза больше молярной (молекулярной массы). Таким образом, в 100 граммах } \text{SO}_2 \text{ будет содержаться 50 граммов кислорода, } \text{SO}_2 - \text{вещество В.}$

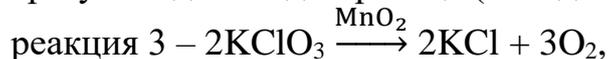
2. Уравнения реакций:



при разложении озона образуется только одно вещество – кислород;



при разложении двух «молекул» перманганата калия выделяется одна молекула кислорода и образуется диоксид марганца (оксид марганца (IV));



разложение хлората калия с участием катализатора MnO_2 .

За определение веществ

– 12 баллов

За составление уравнений реакций

– 6 баллов

За расчет

– 2 балла

Максимальное количество баллов за задачу

– 20 баллов

Максимальное число баллов за задачи 8 класса – 80 баллов

ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

Задача 9-1. «Морской бой».

Рекомендации к решению и оценке:

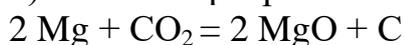
1-2 в этот раз Знайка выиграла, так как не все корабли Знайки были подбиты.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H							
2		Mg		C	N			
3								
4								
5				Sn				
6								

а) Легкоплавкий блестящий металл – олово.

$n(Me) = 0,657 \cdot 10^{22} / 6,02 \cdot 10^{23} = 0,109$. $M(Me) = 13 / 0,109 = 119$ (г/моль) – олово.

б) Легкий серебристо-белый металл – магний.



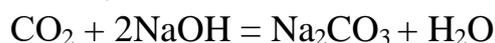
в) Структурная формула синильной кислоты $H-C \equiv N$



4 моль – 2667,88 кДж

$n(CO_2) = 208,43$ кДж

$n(CO_2) = 4 \cdot 208,43 / 2667,88 = 0,3$ моль



$n(CO_2) : n(Na_2CO_3) = 1:1$, $n(Na_2CO_3) = 0,3$ моль

$m(Na_2CO_3) = 0,3 \text{ моль} \cdot 106 \text{ г/моль} = 31,8 \text{ г}$

$m(\text{р-ра}) = m(CO_2) + n(NaOH)$

$m(CO_2) = 0,3 \cdot 44 = 13,2 \text{ г}$

$m(\text{р-ра}) = 13,2 + 80 = 93,2 \text{ г}$

$\omega(Na_2CO_3) = 31,8 / 93,2 = 0,34$ или 34%

За определения исхода игры

– 1 балл

За определение элемента и его координат в матрице – по 1 баллу,

итого

– 5 баллов

За определение металла из пункта а

– 3 балла

За название и структурную формулу вещества из пункта в

– 2 балла

За расчет массовой доли соли

– 5 баллов

За написание уравнений реакций – по 2 балла, итого

– 4 балла

Максимальное число баллов за задачу

– 20 баллов

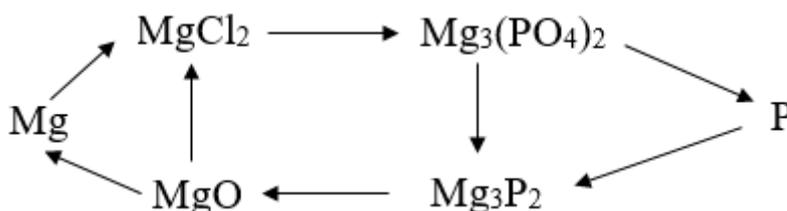
Задача 9-2. «Схема».

Рекомендации к решению и оценке:

Внимание!!! При оценивании задания баллы ставятся только, за полностью расшифрованную схему.

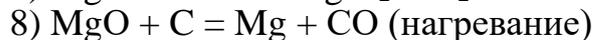
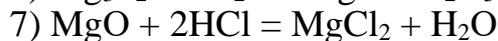
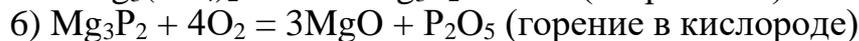
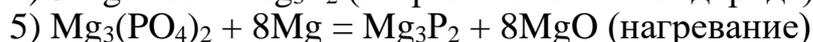
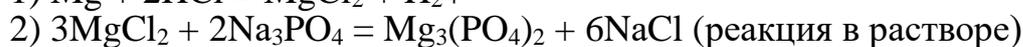
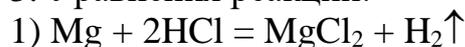
Один из возможных вариантов решения:

1.



2. Следовательно, формулы и названия веществ: **A** – MgCl_2 , хлорид магния, **B** – $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ ортофосфат магния, **C** – Mg_3P_2 , фосфид магния, **D** – MgO , оксид магния.

3. Уравнения реакций:



За установление формул веществ **A – D** – по 1 баллу, всего – 4 балла

За название веществ **A – D** – по 0,5 балла, всего – 2 балла

За уравнения реакций (1) и (7) – по 1 баллу, всего – 2 балла

За уравнения реакций (3) – (6), (8) и указание условий – по 2 балла, всего

– 12 баллов

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Задача 9-3. «Изотопы».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Изотопы – разновидности атомов химического элемента, имеющие одинаковый атомный номер, но разные массовые числа.

2. Чтобы составить всевозможные формулы молекул воды, воспользуемся правилами комбинаторики. Разумно зафиксировать какой-то один изотоп кислорода, а затем переставлять изотопы водорода. После чего останется только поменять изотоп кислорода.

3. Молярная масса указана в скобках.

$\text{H-}^{16}\text{O-H}$ (18 г/моль)	$\text{H-}^{17}\text{O-H}$ (19 г/моль)	$\text{H-}^{18}\text{O-H}$ (20 г/моль)
$\text{H-}^{16}\text{O-D}$ (19 г/моль)	$\text{H-}^{17}\text{O-D}$ (20 г/моль)	$\text{H-}^{18}\text{O-D}$ (21 г/моль)

H- ¹⁶ O-T (20 г/моль)	H- ¹⁷ O-T (21 г/моль)	H- ¹⁸ O-T (22 г/моль)
D- ¹⁶ O-D (20 г/моль)	D- ¹⁷ O-D (21 г/моль)	D- ¹⁸ O-D (22 г/моль)
D- ¹⁶ O-T (21 г/моль)	D- ¹⁷ O-T (22 г/моль)	D- ¹⁸ O-T (23 г/моль)
T- ¹⁶ O-T (22 г/моль)	T- ¹⁷ O-T (23 г/моль)	T- ¹⁸ O-T (24 г/моль)

Таким образом, в обычной воде возможно существование сразу 18 разных молекул воды.

4. Чтобы найти количество молекул дейтерированной воды, найдем массу молекул, содержащих дейтерий. Для этого воспользуемся определением массовой доли:

$$m(\text{дейтерированной воды}) = m(\text{воды}) \cdot \omega(\text{дейтерия в воде}) = \rho(\text{воды}) \cdot$$

$$V(\text{воды}) \cdot \omega(\text{дейтерия в воде}) = 1 \cdot 250 \cdot 0,00015 = 0,0375 \text{ (г)}$$

Для нахождения количества молекул необходимо знать количество вещества:

$$n(\text{дейтерированной воды}) = m(\text{дейтерированной воды})/M(\text{H}_2\text{O}) = 0,0375/18 = 0,0021 \text{ (моль)}$$

Количество молекул дейтерированной воды:

$$N(\text{дейтерированной воды}) = n(\text{дейтерированной воды}) \cdot N_A = 0,0021 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,25 \cdot 10^{21}$$

5. Настоящий химик знает, что всегда окружен веществом, поэтому любой стакан всегда заполнен: наполовину водой – наполовину воздухом, полностью водой или полностью воздухом, но остается всегда чем-то полон.

За формулировку определения «изотоп»	– 1 балл
За составление формул молекул воды с различными изотопами	– по 0,5 балла,
всего (18·0,5)	– 9 баллов
За вычисление молекулярных масс	– по 0,25 балла, всего (18·0,25)
За нахождение массы дейтерированной воды	– 1 балл
За нахождение количества дейтерированной воды	– 1,5 балла
За нахождение количества молекул дейтерированной воды	– 2 балла
За объяснение, почему стакан всегда полон	– 1 балл
Максимальное число баллов за задачу	– 20 баллов

Задача 9-4. «Консерванты».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Начнем с установления качественного состава смеси. Пункт 2 хода анализа позволяет установить, что смесь состоит из двух натриевых солей – ионы натрия окрашивают пламя в желтый цвет.

Пункт 3 позволяет установить наличие хлорид-иона: выпадение белого творожистого осадка с раствором AgNO₃ – классическая качественная реакция на хлорид-ионы.

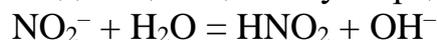
Таким образом, вещество Y является NaCl, т.к. вещество X дальше количественно анализировали.

Установим вещество X. Известно, что раствор пробы имеет щелочную среду. Так как NaCl не подвергается гидролизу в растворе, значит, гидролизуется именно вещество X. Известно, что вещество X является натриевой солью, а так как имеет щелочной pH, значит, имеет в составе анион слабой кислоты. Выделение бесцветного газа без запаха при действии хлорида аммония позволяет определить, что речь идет об азоте. Это предположение подтверждается затуханием тлеющей лучинки. В задаче описана качественная реакция на нитрит-ион. Растворы нитритов имеют щелочную среду из-за гидролиза по аниону.

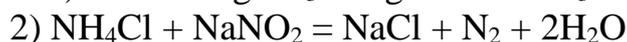
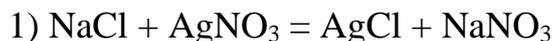
Таким образом, веществом X является NaNO_2 .

Вещество X	Вещество Y
NaNO_2	NaCl

2. Нитрит натрия – соль сильного основания и слабой кислоты. В растворе подвергается гидролизу по аниону, в результате которого накапливаются ионы OH^- , создающие щелочную среду. Уравнение гидролиза:



3. Уравнения реакций качественного анализа:



4. Определение нитритов основано на их окислении перманганатом калия до нитратов. Запишем уравнение реакции в ходе количественного анализа:



Найдем количество перманганата калия:

$$n(\text{KMnO}_4) = C(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4) = 0,01 \cdot 0,0034 = 0,000034 \text{ (моль)}$$

По уравнению реакции количества нитрита натрия и перманганата калия относятся как 5 : 2. Найдем количество нитрита натрия в аликвоте:

$$n(\text{NaNO}_2)_{\text{аликвота}} = 5/2 \cdot n(\text{KMnO}_4) = 5/2 \cdot 0,000034 = 0,000085 \text{ (моль)}$$

Во всей пробе вещества в 50 раз больше, так как пробу растворили в 1 л (1000 мл), а проанализировали 20 мл (аликвота).

$$n(\text{NaNO}_2)_{\text{всего}} = n(\text{NaNO}_2)_{\text{аликвота}} \cdot 50 = 0,000085 \cdot 50 = 0,00425 \text{ (моль)}$$

Зная количество вещества, можем найти массу нитрита натрия:

$$m(\text{NaNO}_2) = n(\text{NaNO}_2) \cdot M(\text{NaNO}_2) = 0,00425 \cdot 69 = 0,29 \text{ (г)}$$

Теперь можем найти массовое содержание нитрита натрия в смеси:

$$\omega(\text{NaNO}_2) = m(\text{NaNO}_2) / m(\text{смеси}) = (0,29 / 50) \cdot 100 = 0,58\%$$

<i>За установление формулы вещества X</i>	<i>– 3 балла</i>
<i>За установление формулы вещества Y</i>	<i>– 2 балла</i>
<i>За обоснование щелочной среды</i>	<i>– 2 балла</i>
<i>За написание уравнений реакций качественного анализа – по 1 баллу, всего</i>	<i>– 2 балла</i>
<i>За написание уравнения реакции количественного анализа</i>	<i>– 2 балла</i>
<i>За нахождение количества перманганата калия</i>	<i>– 2 балла</i>
<i>За нахождение количества нитрита натрия в аликвоте</i>	<i>– 2 балла</i>
<i>За нахождение количества нитрита натрия во всей пробе</i>	<i>– 2 балла</i>
<i>За нахождение массы нитрита натрия</i>	<i>– 2 балла</i>

За нахождение массовой доли нитрита натрия

– 2 балла

Максимальное число баллов за задачу

– 20 баллов

Максимальное число баллов за задачи 9 класса – 80 баллов

ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

Задача 10-1. «Морской бой».

Рекомендации к решению и оценке:

1. В этот раз Знайка выиграла, так как ни один корабль Знайки не был угадан.

Правильная матрица боя:

а) CH_4 – метан;

б) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CONH}-$
2-метилбутен-2-аль;

в) HCOOH –
муравьиная кислота;

г) А8 – H_2O_2 пероксид водорода,

Б8 – $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2$ хинон.

2. Три способа получения вещества из пункта а – метана.

	А	Б	В	Г
1				CH_4
2				
3		$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$		
4				
5				
6			HCOOH	
7				
8	H_2O_2	$\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2$		

Нагревание до 1200°C смеси водорода и углерода: $\text{C} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4$

Взаимодействие карбида алюминия с водой: $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} = 3\text{CH}_4\uparrow + 4\text{Al}(\text{OH})_3$

Нагревание смеси щелочи и ацетата натрия:



3. Общая формула вещества $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$. Вычислим количества элементов:

$$n(\text{CO}_2) = 5,6 : 22,4 = 0,25 \text{ (моль)}, \quad n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 0,25 \text{ моль}$$

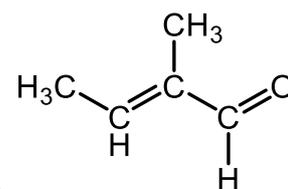
$$n(\text{H}_2\text{O}) = 3,6 : 18 = 0,20 \text{ (моль)}, \quad n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 0,40 \text{ моль}$$

Вычислим количество кислорода:

$$m(\text{O}) = m(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) - m(\text{C}) - m(\text{H}) = 4,2 - 0,25 \cdot 12 - 0,4 \cdot 1 = 0,8 \text{ (г)},$$

$$n(\text{O}) = 0,8 : 16 = 0,05 \text{ (моль)}; \quad x : y : z = 0,25 : 0,40 : 0,05 = 5 : 8 : 1.$$

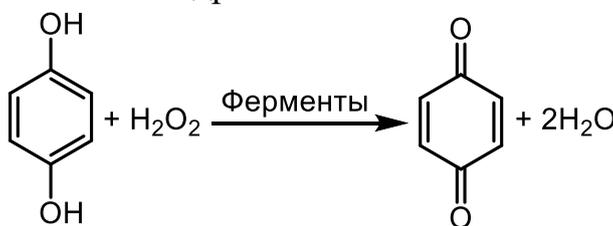
Молекулярная формула – $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}$



Структурная формула

2-метилбутен -2- аль

4. Уравнение окисление гидрохинона.



За определения исхода игры

– 1 балл

За определение веществ – по 2 баллу, итого

– 10 баллов

За три способа получения вещества из пункта а

– 3 балла

За название, молекулярную и структурную формулу вещества из пункта в

– 3 балла

За уравнение упомянутой в пункте г реакции

– 3 балла

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Задача 10-2. «Желтоватые осадки»

Рекомендации к решению:

1. Опыт 1. Некоторые неметаллы образуют газообразные водородные соединения и оксиды. При взаимодействии водородного соединения и оксида может произойти окислительно-восстановительная реакция, т. к. неметалл в соединении с водородом имеет отрицательную степень окисления и способен быть восстановителем, а в составе оксида имеет положительную степень окисления и способен быть окислителем. При такой реакции неметалл может образоваться в свободном виде – в виде простого вещества. Желтый твердый неметалл – это сера.

Сера при нагревании без доступа воздуха сначала расплавится, закипит, а затем возгонится и осядет на стенках воронки. Происходящие процессы – плавление, кипение, возгонка (сублимация), десублимация.

Опыт 2. Желтоватое (не желтое!) вещество, чернеющее на свету, известно только одно – бромид серебра. Это вещество образуется при взаимодействии бромоводородной кислоты (раствора бромоводорода в воде, жидкости, окрашивающей лакмус в красный цвет) и раствора сульфата серебра (раствор «слабый, но насыщенный»; сульфат серебра труднорастворим).

Опыт 3. В тексте описана иодоформная проба на одноатомные спирты, в ходе которой спирт в щелочной среде взаимодействует с иодом с образованием желтоватого осадка иодоформа.

Растворимость иодоформа зависит от температуры: с ростом температуры растворимость увеличивается, поэтому осадок при нагревании растворяется, а при последующем охлаждении вновь образуется.

2. Формулы и названия веществ:

А или **Б** – H_2S – сероводород;

Б или **А** – SO_2 – оксид серы (IV), сернистый газ, сернистый ангидрид;

В – HBr – бромоводород (раствор – бромоводородная кислота, окрашивающая лакмус в красный цвет);

Г – Ag_2SO_4 – сульфат серебра (возможно указание другой малорастворимой соли серебра);

Д – $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ – этиловый спирт, этанол (возможно указание другого одноатомного спирта, или общее название и формула данного класса соединений – R-OH – спирты);

Е – I_2 – иод;

Ж – NaOH – гидроксид натрия (возможно указание другой щелочи, например, KOH).

Осадок **1** – S – сера; осадок **2** – AgBr – бромид серебра;

осадок **3** – CHI_3 – иодоформ, трийодметан.

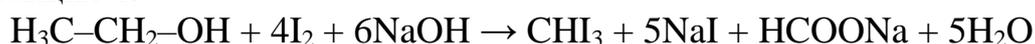
Уравнения реакций:



Так как при растворении сернистый газ реагирует с водой, то уравнение реакции можно записать так:
$$2\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_3 = 3\text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$$



Реакция **4**:



Возможны и другие варианты записи уравнения реакции 4 (другой спирт, формула спирта в общем виде, другая щелочь).

Механизм реакции:

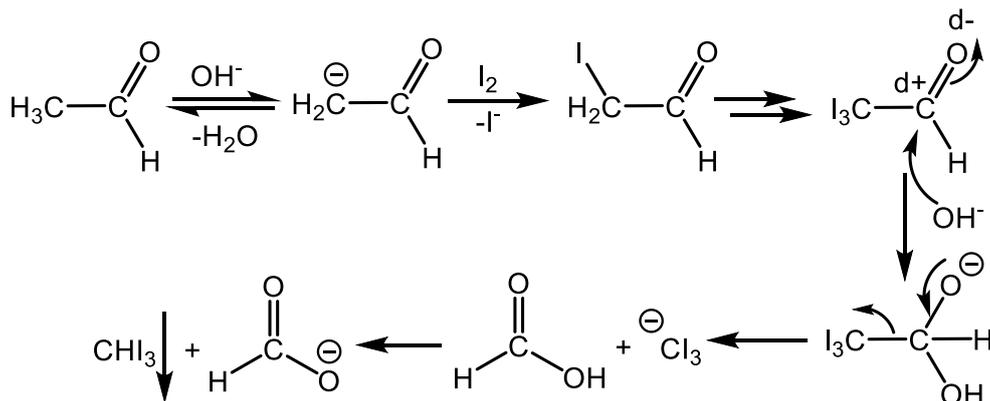
На первом этапе йод диспропорционирует в растворе щелочи по реакции:



Образующийся в реакции гипоиодит проявляет окислительные свойства. Затем происходит окисление этанола до этаналь:



Образующийся в реакции этаналь способен енолизироваться в щелочной среде. Затем енолят присоединяет галоген. Процесс отщепления протона и присоединения галогена повторяется три раза, затем основание (OH-) присоединяется по карбонильной группе и отщепляет галоформ.



3. Подобный процесс применяется в черно-белой фотографии. Предотвратить излишнее почернение смеси можно путем «закрепления» – перевода не разложившегося бромида серебра в бесцветное растворимое соединение. Для этой цели применяют, например, тиосульфат натрия:



4. Купленный в аптеке препарат – раствор иода в водном растворе иодида калия, называемый **раствором Люголя** в честь французского врача Жана-Гийома Огюста Люголя (1786–1851), предположившего, что созданный им иодистый раствор можно использовать для лечения туберкулеза.



Объяснены описанные в задаче явления – по 1 баллу за каждый опыт, всего

– 3 балла

Приведены формулы и названия веществ А–Ж и осадков 1–3 – по 1 баллу, всего

– 10 баллов

Записаны уравнения реакций 1–4 – по 1 баллу, всего

– 4 балла

Указано применение процесса, воспроизведенного в опыте 2

– 1 балл

Записано уравнение реакции «закрепления»

– 1 балл

Назван аптечный препарат и указан его состав

– 1 балл

Максимальное число баллов за задачу

– 20 баллов

Задача 10-3. «Заварка». Рекомендации к решению и оценке:

1. Принимается любое понятие, не противоречащее смыслу.

Экстракция – самопроизвольный физико-химический процесс распределения вещества между двумя фазами, лежащий в основе процесса извлечения вещества из раствора или сухой смеси с помощью растворителя.

2. Пусть есть 100 г вещества, которое нужно экстрагировать.

Рассмотрим процесс экстракции одной порцией растворителя. За один раз удается экстрагировать половину вещества, т.к. степень экстракции равна 0,5. Таким образом, получится выделить: $0,5 \cdot 100 = 50$ г вещества.

Рассмотрим процесс экстракции тремя порциями растворителя. При первой экстракции удастся выделить: $0,5 \cdot 100 = 50$ г вещества.

Тогда останется вещества для дальнейшей экстракции: $100 - 50 = 50$ г.

При второй экстракции удастся выделить: $0,5 \cdot 50 = 25$ г.

Тогда останется вещества для третьей экстракции: $50 - 25 = 25$ г.

При третьей экстракции удастся выделить: $0,5 \cdot 25 = 12,5$ г.

Таким образом, при экстракции небольшими порциями удается выделить гораздо больше вещества: $50 + 25 + 12,5 = 87,5$ (г).

Именно поэтому в экспериментальных методиках используют экстракцию маленькими порциями растворителя, а не одной большой, хотя, казалось бы, в одной большой порции растворителя должно раствориться больше вещества.

3. При 90°C степень извлечения составляет 37,10%. При первой заварке в воде оказывается: $m_1(\text{чай в воде}) = \alpha \cdot m(\text{сухого чая}) = 0,371 \cdot 2 = 0,742$ (г).

Для второго заваривания остается:

$$m(\text{оставшегося сухого чая}) = 2 - 0,742 = 1,258 \text{ (г)}.$$

В процессе второй заварки удастся выделить из чая:

$$m_2(\text{чай в воде}) = \alpha \cdot m(\text{оставшегося сухого чая}) = 0,371 \cdot 1,258 = 0,467 \text{ (г)}.$$

4. Найдем константы экстракционного равновесия при двух температурах. Для этого составим схему равновесия. Пусть в начальный момент было x моль вещества. Экстракция еще не началась, значит, вещества в воде нет – 0 моль. Спустя какое-то время некоторая доля (α) вещества перешла в раствор. Исходного вещества стало меньше на долю $1-\alpha$. Чтобы избавиться от неизвестного количества вещества x , найдем доли веществ, которые затем подставим в константу, воспользовавшись определением константы из справочных материалов.

	Компоненты чая в листе \rightleftharpoons	Компоненты чая в воде	Сумма
C_0	x	0	x
ΔC	$x(1-\alpha)$	$x\alpha$	x
χ	$x(1-\alpha) / x = 1-\alpha$	$x\alpha / x = \alpha$	1

$$K_{T_1} = \frac{[\text{Компоненты чая в воде}]}{[\text{Компоненты чая в листе}]} = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0,1935}{1-0,1935} = 0,24$$

$$K_{T_2} = \frac{[\text{Компоненты чая в воде}]}{[\text{Компоненты чая в листе}]} = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0,371}{1-0,371} = 0,59$$

Воспользуемся уравнением зависимости константы равновесия от температуры из справочных данных, чтобы найти значение теплового эффекта реакции.

$$\Delta H^{\circ} = \frac{RT_1T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{K_{T_2}}{K_{T_1}}$$

$$\Delta H^{\circ} = \frac{8,31 \cdot (60 + 273,15) \cdot (90 + 273,15)}{(90 + 273,15) - (60 + 273,15)} \ln \frac{0,59}{0,24} = 33512,41 \cdot 0,89 = 30144 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \right)$$

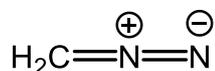
Расчет показывает, что процесс заваривания чая является эндотермическим. Действительно, в холодной воде чай заваривается хуже, чем в горячей. Увеличение температуры приводит к смещению равновесия в прямом направлении, как и должно быть для эндотермических процессов в соответствии с принципом Ле Шателье.

За определение экстракции (есть указание на распределение вещества между фазами)	– 1 балл
За указание на большее извлечение при экстракции частями	– 1 балл
За подтверждения ответа расчетом	– 2 балла
За нахождение массы извлечённого вещества при втором заваривании	– 2 балла
За составление схемы равновесия	– 4 балла
За полученные выражения для констант	– 2 балла
За вычисления константы при двух температурах – 1 баллу, всего	– 2 балла
За вычисления теплового эффекта процесса	– 4 балла
За вычисления теплового эффекта процесса (арифметическая ошибка)	– 1 балл
За вывод о тепловом эффекте (эндо-/экзо-)	– 1 балл
Максимальное число баллов за задачу	– 20 баллов

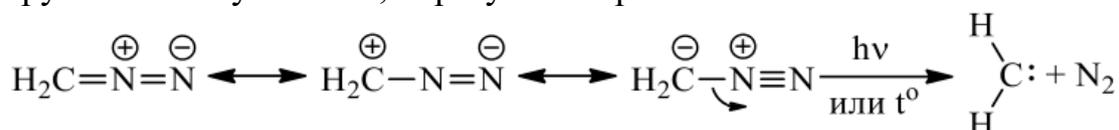
Задача 10-4. «Циклопропан».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Диазометан легко выделяет азот, значит, должен содержать в своей структуре фрагмент, близкий к структуре молекулы азота. С учетом валентностей азота и углерода, а также числа электронов у атомов можем изобразить его формулу как:



2. Для объяснения образования карбена необходимо объяснить, как выделяется молекула азота. Таким образом, задача сводится к формированию фрагмента молекул азота. Диазометан существует в трех формах с разным распределением электронов (резонансные структуры). При нагревании или облучении пара электронов в составе связи C–N переходит к атому азота в составе диазогруппы как к более электроотрицательному. В этот момент и формируется молекула азота, образуется карбен.



3. Установим формулу вещества **Y**. Для этого найдем количества углекислого газа, воды и азота, а затем число атомов углерода, водорода и азота в молекуле.

$$n(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2) / V_m(\text{CO}_2) = 1,12 / 22,4 = 0,05 \text{ (моль)} \Rightarrow N(\text{C}) = 0,05$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{H}_2\text{O}) = 0,45 / 18 = 0,025 \text{ (моль)} \Rightarrow \\ \Rightarrow N(\text{H}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot 2 = 0,025 \cdot 2 = 0,05$$

$$n(\text{N}_2) = V(\text{N}_2) / V_m(\text{N}_2) = 0,56 / 22,4 = 0,025 \text{ (моль)} \Rightarrow \\ \Rightarrow N(\text{N}) = n(\text{N}_2) \cdot 2 = 0,025 \cdot 2 = 0,05$$

Важно сделать проверку на наличие атомов кислорода в составе исходной молекулы, т.к. углекислый газ, вода и азот могут образоваться при сгорании веществ состава $\text{C}_x\text{H}_y\text{N}_z$ или $\text{C}_x\text{H}_y\text{N}_z\text{O}_m$. Для этого найдем массу атомов в составе молекулы: $m(\text{C}, \text{H}, \text{N}) = N(\text{C}) \cdot M(\text{C}) + N(\text{H}) \cdot M(\text{H}) + N(\text{N}) \cdot M(\text{N}) =$
 $= 0,05 \cdot 12 + 0,05 \cdot 1 + 0,05 \cdot 14 = 1,35 \text{ (г)}$

Из расчета видно, что молекула содержит в своем составе атомы кислорода, т.к. суммарная масса атомов водорода, углерода и азота недостаточна для массы сожженной навески. Найдем количество атомов кислорода:

$$m(\text{O}) = m(\text{навески}) - m(\text{C}, \text{H}, \text{N}) = 2,15 - 1,35 = 0,8 \text{ (г)}$$

$$n(\text{O}) = m(\text{O}) / M(\text{O}) = 0,8 / 16 = 0,05 \text{ (моль)} \Rightarrow N(\text{O}) = 0,05$$

Установим формулу соединения: $N(\text{C}) : N(\text{H}) : N(\text{N}) : N(\text{O})$

$$0,05 : 0,05 : 0,05 : 0,05 \mid :0,05$$

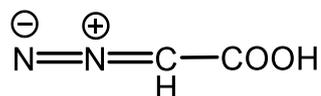
$$1 : 1 : 1 : 1$$



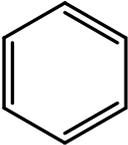
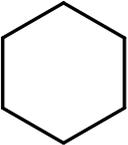
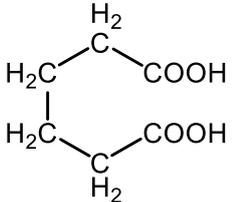
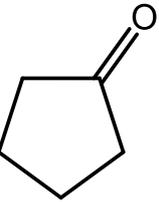
Полученная элементарная формула на первый взгляд соответствует формулам циановых кислот. Уточним, что нам известно о веществе **Y**: содержит тот же структурный фрагмент, что и диазометан, т.е. атомов азота должно быть, как минимум 2; вещество способно взаимодействовать с содой с выделением газа, значит, вещество является кислотой. С одной стороны, изоциановые кислоты способны взаимодействовать с содой, но никак не содержат в своем составе двух атомов азота. Другим веществом, способным взаимодействовать с содой с выделением газа, являются карбоновые кислоты, которые содержат минимум 2 атома кислорода.

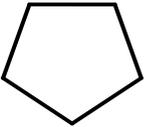
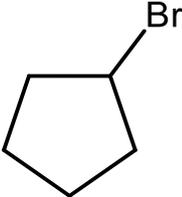
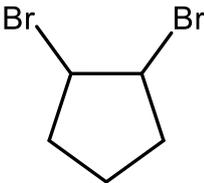
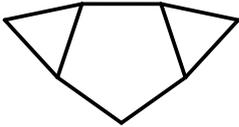
Таким образом, два пункта говорят нам о необходимости удвоить элементарную формулу вещества. Формула вещества **Y** – $\text{C}_2\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$.

В структуре вещества **Y** должны быть карбоксильная группа и диазофрагмент:



4. Структурные формулы соединений:

1	2	3	4	5
$\text{HC}\equiv\text{CH}$				

6	7	8	9	10	X
					

За установление структурной формула диазометана (любая резонансная)

– 1 балл

За механизм образования карбена

– 2 балла

За нахождение количеств углекислого газа, воды и азота – по 0,5 баллов, всего

– 1,5 балла

За проверку наличия кислорода

– 1,5 балла

За установление элементарной формулы вещества Y

– 1 балл

За указание структурной формулы вещества Y

– 2 балла

За приведённые структурные формулы веществ с 1 по 10 и вещества X – по 1 баллу, всего

– 11 баллов

Максимальное число баллов за задачу

– 20 баллов

Максимальное число баллов за задачи 10 класса – 80 баллов

ОДИННАДЦАТЫЙ КЛАСС

Задача 11-1. «Монооксид дигидрогена».

Рекомендации к решению и оценке:

В избытке щелочи способны растворяться гидроксиды амфотерных металлов – Zn, Be, Al, Pb и т.д. Признаки реакций опытов 2 и 3 позволяют определить катион в составе кристаллогидрата – Al^{3+} . Гидроксид алюминия не растворяется в избытке аммиака, а при добавлении сульфида натрия наблюдается полный гидролиз сульфида алюминия (опыт 3).

Опыт 4 – качественная реакция на нитрат-ион. Подсказкой является признак реакции – выделение бурого газа NO_2 .

Таким образом, речь идет о кристаллогидрате $Al(NO_3)_3 \cdot xH_2O$.

Уравнения реакций (для реакций в растворе кристаллизационная вода опущена):

- $Al(NO_3)_3 + 3NaOH = Al(OH)_3 + 3NaNO_3$
- $Al(OH)_3 + 3NaOH = Na_3[Al(OH)_6]$ или $Al(OH)_3 + NaOH = Na[Al(OH)_4]$
- $Al(NO_3)_3 + 3NH_3 \cdot H_2O = Al(OH)_3 + 3NH_4NO_3$
- $2Al(NO_3)_3 + 3Na_2S + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2S + 6NaNO_3$
- $4Al(NO_3)_3 + 6H_2SO_4 + 3Cu = 3Cu(NO_3)_2 + 6NO_2 + 2Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O$

В опыте 5 описан один из методов определения воды в веществах. Метод основан на взаимодействии веществ с карбидом (ацетиленидом) кальция, перевод ацетилена в ацетальдегид и его последующее титрование $KMnO_4$.

Уравнения реакций:

- $CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$
- $C_2H_2 + H_2O = CH_3CHO$
- $5CH_3CHO + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5CH_3COOH$

Для установления содержания кристаллизационной воды начнем расчет с последней реакции. Можем найти количество $KMnO_4$, зная его молярную концентрацию, а затем количество уксусного альдегида по уравнению реакции:

$$n(\text{KMnO}_4) = C(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4) = 0,1082 \cdot 0,00585 = 6,3294 \cdot 10^{-4} \text{ (моль)}$$

$$n(\text{CH}_3\text{CHO}) = n(\text{KMnO}_4) \cdot 5/2 = 6,3294 \cdot 10^{-4} \cdot 5/2 = 1,5824 \cdot 10^{-3} \text{ (моль)}$$

Зная количество альдегида, можем найти количество воды, а затем массу воды в составе навески кристаллогидрата нитрата алюминия:

$$n(\text{CH}_3\text{CHO}) = n(\text{C}_2\text{H}_2) = 1,5824 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot n(\text{C}_2\text{H}_2) = 2 \cdot 1,5824 \cdot 10^{-3} = 3,1648 \cdot 10^{-3} \text{ (моль)}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 3,1648 \cdot 10^{-3} \cdot 18 = 0,05697 \text{ (г)}$$

Зная массу воды в составе навески кристаллогидрата, можно найти массу чистой соли, а затем установить, в каком мольном соотношении находятся соль и вода в составе вещества – это и будет состав кристаллогидрата.

$$m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}) - m(\text{H}_2\text{O}) = 0,1319 - 0,05697 = 0,07493 \text{ (г)}$$

$$n(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) / M(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 0,07493 / 213 = 3,5178 \cdot 10^{-4}$$

(моль)

$$n(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) : n(\text{H}_2\text{O})$$

$$3,5178 \cdot 10^{-4} : 3,1648 \cdot 10^{-3} \mid : 3,5178 \cdot 10^{-4}$$

$$1 : 9$$

Таким образом, конечная формула кристаллогидрата $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

Моноксид дигидрогена – это вода. Формула H_2O .

За определение катиона в составе соли

– 2 балла

За определение аниона в составе соли

– 1 балл

За нахождение количества KMnO_4 , CH_3CHO и воды – по 1 баллу, всего

– 3 балла

За нахождение массы воды в составе навески кристаллогидрата

– 1 балл

За нахождение массы безводной соли в составе навески

кристаллогидрата

– 1 балл

За установление конечной формулы соли

– 3 балла

За написание уравнений реакций с участием соли – по 1 баллу, всего

– 5 баллов

За написание уравнений реакций определения воды – по 1 баллу, всего

– 3 балла

За название монооксида дигидрогена

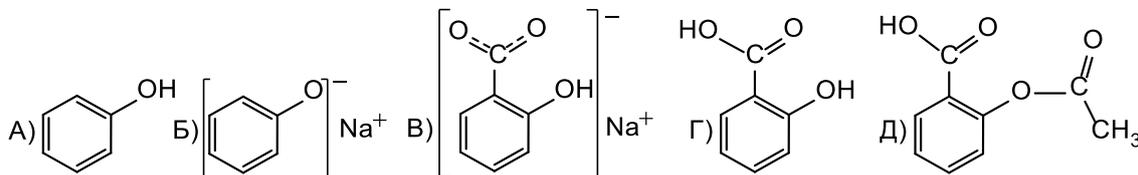
– 1 балл

Максимальное число баллов за задачу

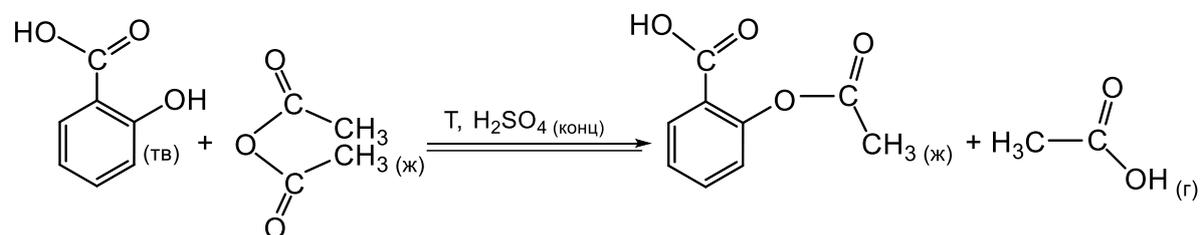
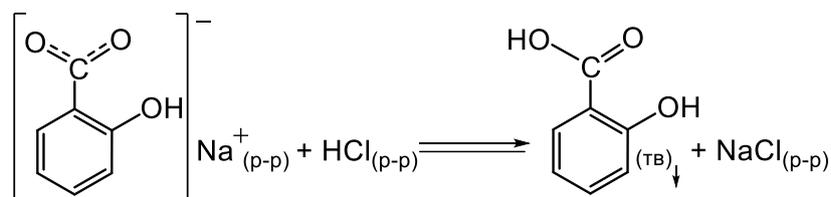
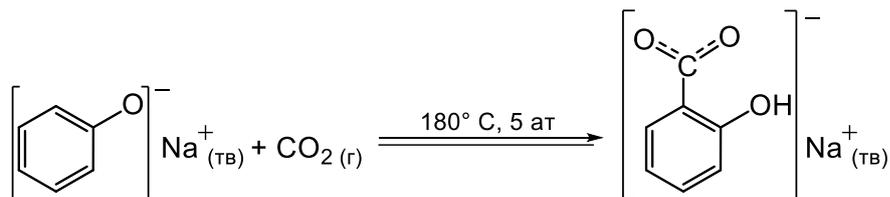
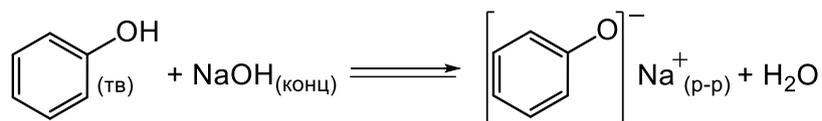
– 20 баллов

Задача 11-2. «Белые кристаллы». Рекомендации к решению и оценке:

1. (А) – фенол, (Б) – фенолят натрия, (В) – 2-гидроксibenзоат натрия или салицилат натрия, (Г) – 2-гидроксibenзойная кислота или салициловая кислота, (Д) – 2-ацетилоксибензойная кислота или ацетилсалициловая кислота. Графические формулы, соответственно:

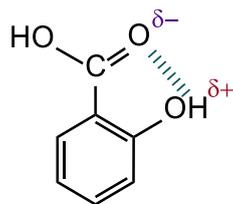


2. Уравнения соответствующих реакций:



3. Ацетилсалициловая кислота обладает следующим фармакологическим действием: антиагрегационным, анальгезирующим, жаропонижающим, противовоспалительным.

4. Салициловая кислота имеет малую растворимость по двум причинам. Во-первых, в составе молекулы имеется ароматическая система, которая проявляет гидрофобные свойства из-за слабо полярных С-Н связей в кольце. Во-вторых, образование внутримолекулярных водородных связей препятствует сольватации молекулы кислоты молекулами воды, что снижает растворимость вещества.



5. Концентрированная серная кислота протонирует карбоксильный атом кислорода в уксусном ангидриде, что ведёт к увеличению частичного положительного заряда, а это, в свою очередь, активизирует нуклеофильную атаку кислорода фенольной группы на углерод карбоксильной группы уксусного ангидрида с последующим отщеплением уксусной кислоты.

6. В синтезе используют $94 \text{ г}/94 \text{ г}\cdot\text{моль}^{-1} = 1 \text{ моль}$ фенола; все реактивы по всем стадиям берут количеством 1 моль; выход по первым двум стадиям 100 %, а на предпоследней и последней стадиях выход составил 90 %, следовательно, на выходе будет 0,81 моль ацетилсалициловой кислоты, что составит: $m = 0,81 \text{ моль} \cdot 180,2 \text{ г}\cdot\text{моль}^{-1} = 146 \text{ г}$.

За определение системных названий веществ (А), (Б), (В), (Г), (Д) (по 0,5 балла за каждое название), но не более – 2,5 баллов

За составление графических формул соединений (А), (Б), (В), (Г), (Д) (по 0,5 балла за каждую формулу), но не более – 2,5 баллов

За составление уравнений химических реакций синтеза вещества (Д) (по 2 балла за каждое уравнение), но не более – 8 баллов

За указание лекарственного действия ацетилсалициловой кислоты – 2 балла

За обоснование малой растворимости салициловой кислоты – 2 балла

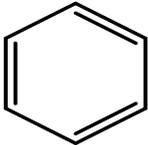
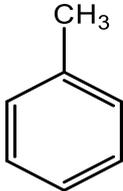
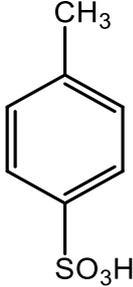
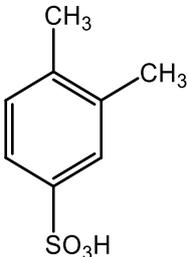
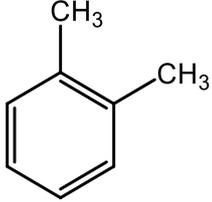
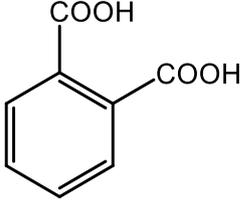
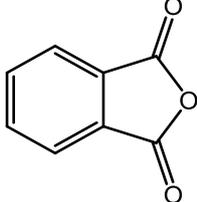
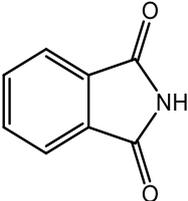
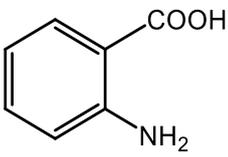
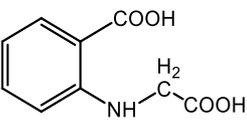
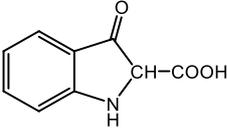
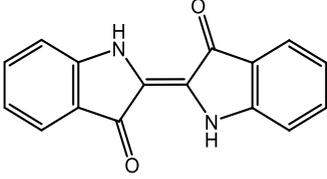
За объяснение каталитической роли серной кислоты, как источника протонов и активатора карбонильного углерода в нуклеофильной атаке – 2 балла

За определение полученной массы ацетилсалициловой кислоты – 1 балл

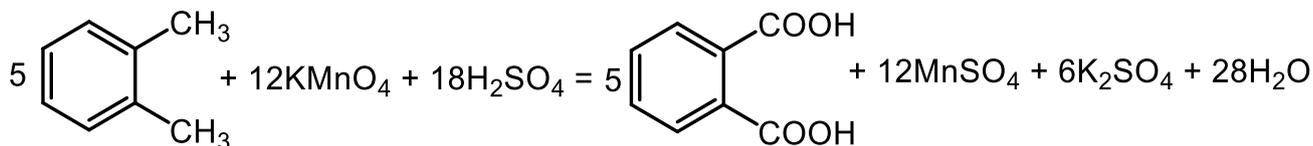
Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Задача 11-3. «Blue jeans». Рекомендации к решению и оценке:

1. Структуры веществ:

1	2	3	4
$\text{HC}\equiv\text{CH}$			
5	6	7	8
			
9	X	10	11
		$\text{H}_3\text{C}-\text{CHO}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$
12	13	14	Y
$\text{Cl}-\text{CH}_2-\text{COOH}$			

2. Уравнение реакции:



За установление структуры веществ с 1 по 14 по 1 баллу, всего – 14 баллов

За установление структуры вещества X – 3 балла

За составление уравнения реакции – 3 балла

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Задача 11-4. «Кхе-Кхе».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Для ответа на первый вопрос обратимся к рисунку. Если половина препарата выводится из организма, значит, вторая половина препарата осталась в организме. Содержанию препарата в количестве 50% соответствует время 750 с.

2. Чтобы определить, через какое время препарат окажется нейтрально активным, воспользуемся представленной зависимостью. По определению нейтрально активным препарат становится тогда, когда его количество становится в 10 раз меньше от исходного, что соответствует содержанию в 10% через 2500 с.

3. Для реакций любого порядка константа скорости обратно пропорциональна времени, поэтому можно записать:

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{t_1}{t_2}$$

Определим энергию активации реакции. Для этого выведем выражение для расчета энергии активации, если известны две константы.

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT_2}}}{A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT_1}}} = \exp\left\{-\frac{E_a}{RT_2} + \frac{E_a}{RT_1}\right\} = \exp\left\{\frac{E_a(T_2 - T_1)}{RT_1T_2}\right\}$$

Прологарифмируем выражение, чтобы избавиться от экспоненты:

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a(T_2 - T_1)}{RT_1T_2}$$

Выразим энергию активации реакции:

$$E_a = \frac{RT_1T_2 \ln \frac{k_2}{k_1}}{T_2 - T_1}$$

Заменим отношение констант скорости отношением значений времени протекания реакций и вычислим энергию активации:

$$E_a = \frac{RT_1T_2 \ln \frac{t_1}{t_2}}{T_2 - T_1} = \frac{8,31 \cdot 293 \cdot 313 \cdot \ln \frac{27}{3}}{313 - 293} = 83700 \text{ Дж/моль}$$

Аналогично можно записать и для другой пары констант:

$$\ln \frac{k_3}{k_1} = \frac{E_a(T_3 - T_1)}{RT_1T_3} = \frac{83700 \cdot (328 - 293)}{8,31 \cdot 293 \cdot 328} = 3,67$$

Откуда:

$$\frac{k_3}{k_1} = e^{3,67} = 39,22$$

Тогда:

$$t_3 = t_1 \frac{k_1}{k_3} = 27 \cdot \frac{1}{39,22} = 0,69 \text{ (мин)} = 41 \text{ (с)}$$

4. Да, полное выведение препарата из организма возможно. Со временем молекулы распадаются, а клетки организма постоянно обновляются, поэтому единичные вещества способны надолго задерживаться и накапливаться.

<i>За расчет времени выведения половины препарата из организма</i>	<i>– 1 балл</i>
<i>За расчет времени достижения нейтральной активности</i>	<i>– 2 балла</i>
<i>За написание выражения отношения констант и времен</i>	<i>– 2 балла</i>
<i>За выражение для расчета энергии активации</i>	<i>– 5 баллов</i>
<i>За вычисление энергии активации</i>	<i>– 2 балла</i>
<i>За нахождение отношения констант k_3 и k_1</i>	<i>– 2 балла</i>
<i>За расчет времени протекания реакции при 55°C</i>	<i>– 2 балла</i>
<i>За ответ о выведении препарата</i>	<i>– 1 балл</i>
<i>За ответ о выведении препарата с пояснением (указание на распад и обновление)</i>	<i>– 3 балла</i>

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Максимальное число баллов за задачи 11 класса – 80 баллов