



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

ХИМИЯ, 2023

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

в Кировской области
в 2023/2024 учебном году



Киров
2023

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 2023–2024 учебном году / Сост. И. М. Алалыкина, М. А. Бакулева, Ф.С. Козулин, И. Д. Кормщиков, В.Е. Мельников, А.А. Смирнова, И. А. Токарева// Под ред. М. А. Зайцева, А. В. Захарова, А.Н. Лямина, И. А. Токаревой. – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2023. – 40 с.

Авторы, составители

Алалыкина И. М.	методист КОГАОУ ДО ЦДООШ;
Бакулева М. А.	методист КОГАОУ ДО ЦДООШ;
Козулин Ф.С.	студент федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»;
Кормщиков И. Д.	педагог дополнительного образования КОГАОУ ДО ЦДООШ;
Мельников В.Е.	студент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»;
Смирнова А.А.	учитель химии Кировского областного государственного общеобразовательного автономного учреждения «Лицей естественных наук»;
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.	старший преподаватель кафедры биотехнологии 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 21.11.2023

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага типографская. Усл. печ. л. 2,3

Тираж 213 экз.

© Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования «Центр дополнительного образования одаренных школьников», Киров, 2023.

© Алалыкина И.М., Бакулева М. А., Ф.С. Козулин, И. Д. Кормщиков, В.Е. Мельников, А.А. Смирнова, И. А. Токарева, 2023.

**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 2023–2024 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 2023–2024 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

Задача 7-1. «Шифр». Русский алфавит и Периодическая система Д. И. Менделеева – это совокупность графических знаков в установленной последовательности. Каждой букве в алфавите, так же, как и элементу в таблице Менделеева соответствует свой порядковый номер.

Разгадайте шифр, используя периодическую таблицу с символами химических элементов и русский алфавит.

Зашифрованные слова – названия лабораторного оборудования, используемого для разделения смесей.

LiSArSPMgH
TiNeAlNiCaAr
KCaNMgHP
FeCaHCaNeLi
KCaCMgAlAsPPHAs ClHAlSMnMgH

Задания:

1. Запишите названия зашифрованного оборудования и метода разделения смесей с использованием данного оборудования. Выполните рисунок установки с использованием данного оборудования.

2. На каких свойствах веществ основан способ разделения смесей с использованием данного оборудования?

3. Предложите последовательность действий при разделении смеси битого стекла, поваренной соли и железных скрепок на индивидуальные компоненты. Назовите лабораторные операции.

Задача 7-2. «Юный химик». При получении водорода ученик 7 класса Вася Колбочкин действовал так: собрал установку, как показано на рис. 1, и на дно пробирки поместил несколько гранул цинка, прилил 2 мл раствора соляной кислоты.

Задания:

1. Назовите лабораторное оборудование (1-5), изображенное на рисунке 1.

2. Удалось ли Васе собрать водород? Аргументируйте свой ответ.

3. Составьте уравнение упомянутой в тексте реакции. Определите сумму коэффициентов в уравнении.

4. Водород в объемном соотношении 2:1 с кислородом образует взрывоопасную смесь – «гремучий газ». Какова объемная доля (в процентах) водорода в такой смеси?

5. Продуктом взаимодействия компонентов «гремучего газа» является монооксид дигидрогена. Приведите формулу этого вещества и рассчитайте его относительную молекулярную массу.

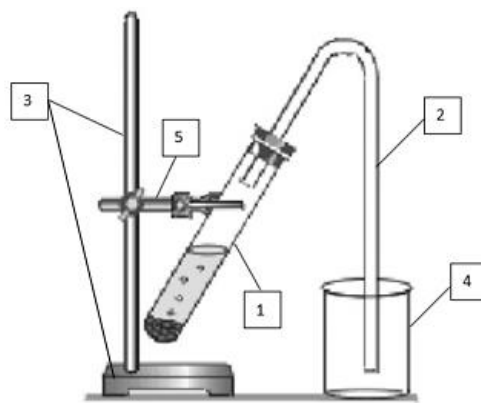


Рис. 1

Задача 7-3. «Ребус». Расшифруйте фразу знаменитого химика про самое распространенное вещество на Земле.



12	6	3	9	13		19	11	5	14
----	---	---	---	----	--	----	----	---	----

5	11	8	11	16	22		24	11	9	11	21	6
---	----	---	----	----	----	--	----	----	---	----	----	---

	5	.		18	22	15	5	22	9	22	22	19
--	---	---	--	----	----	----	---	----	---	----	----	----

Задания:

1. Запишите расшифрованную фразу и фамилию ученого, которому она принадлежит.

2. По заключению этого великого химика, «молоко — единственный продукт, которым мы можем питаться, не употребляя в пищу никаких других продуктов, и получать при этом все необходимые компоненты для развития организма». Кстати, несколько из своих многочисленных статей, он посвятил кулинарии: одним из его любимых блюд были вареники с творогом. Ученица 7Б класса Маша Пипеткина тоже очень любит вареники из домашнего творога, который решила приготовить из имеющегося дома молока.

Дома в холодильнике стояла коробка молока объемом 1 л, с жирностью 2,7% (плотность 1,028 г/см³) и другая коробка с молоком объемом 0,5 л, и жирностью 5% (плотность 1,024 г/см³).

Рассчитайте, молоко какой жирности для приготовления творога получит Маша, если использует все имеющееся дома молоко.

3. Не секрет, что молоко – это смесь, состоящая из нескольких компонентов. К какому типу смесей относится молоко? Назовите не менее 3 компонентов молока.

Задача 7-4. «Вещество X». Современная жевательная резинка не содержит сахар. В ее состав входит жевательная основа, вкусовые добавки и стоматологические активные ингредиенты, одним из которых является вещество X. Молекулярная масса вещества X равна 60.

В состав вещества X входят элементы А, Б, В, Г. Известно, что элементы А и Г образуют веселящий газ. В веществе X элементы А и Г находятся в таком же количественном соотношении, что и в веселящем газе. Молекулярная масса веселящего газа равна молекулярной массе углекислого газа. Оба вещества содержат элемент Г, поэтому их относят к оксидам. Общее число атомов в газообразных молекулах одинаковое. Число атомов элемента Г в молекуле углекислого газа в 2 раза превышает содержание атомов элемента Г в веселящем газе.

Элементы Б и В входят в состав основного компонента природного газа, относительная молекулярная масса которого равна 16, а массовая доля элемента Б в нем составляет 25%. Известно, что элемент В является составной частью углекислого газа. Б и В находятся в веществе X в таком же количественном соотношении.

Задания:

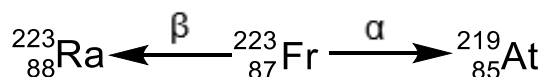
1. Установите формулу вещества X.
2. Рассчитайте массовую долю элемента А в соединении X.
3. Приведите формулы и названия не менее 5 простых веществ, образованных элементами, входящими в состав вещества X.

ВОСЬМОЙ КЛАСС

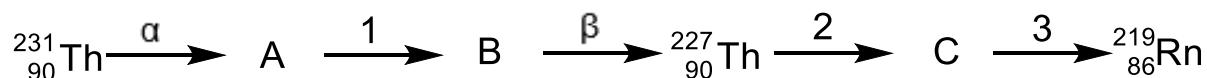
Задача 8-1 «Изотопы».

Изучение цепочек радиоактивных превращений находит широкое применение в датировании археологических объектов, изучении геологической истории Земли и в геологической разведке полезных ископаемых.

Известно, что неустойчивые ядра способны претерпевать два типа распадов – альфа-распад (обозначен «α») и бета-распад (обозначен «β»). При альфа-распаде выделяется ядро атома гелия – масса уменьшается на 4 единицы, а заряд на 2 единицы. В случае бета-распада выделяется электрон – масса остается прежней, а заряд увеличивается на единицу. Оба типа распада иллюстрирует распад изотопа франция-223:



Ниже представлена цепочка распадов одного из геологоразведочных изотопов:



Задание:

1. Определите неизвестные изотопы на схеме радиоактивного распада. Ответ представьте в формате «буква – элемент с указанием массового и зарядового числа».

2. Определите, какие типы распадов пропущены на схеме. Ответ представьте в формате «цифра – тип распада».

3. В каком агрегатном состоянии при н.у. находится простое вещество, образованное элементом, изотоп которого обозначен последним в схеме.

Задача 8-2. «Цинковый купорос». Цинковый купорос $\text{ZnSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (массовая доля кислорода в соединении составляет 61,32%) применяется в производстве минеральных красок, глазурей, в качестве сырья для химической отрасли, в фармакологическом производстве.

В химической лаборатории цинковый купорос получают при взаимодействии цинка с серной кислотой. Синтез проводят следующим образом: в колбу помещают 3 г гранулированного цинка и приливают 57 мл 10 %-ной серной кислоты, приготовленной из концентрированного раствора. Колбу закрывают часовым стеклом и слегка нагревают. После окончания реакции раствор профильтровывают в фарфоровую чашку, упаривают и оставляют для кристаллизации. Полученные кристаллы отделяют на воронке Бюхнера, сушат между листами фильтровальной бумаги и переносят в сухую, заранее взвешенную склянку.

Задание:

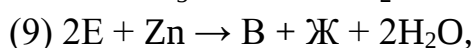
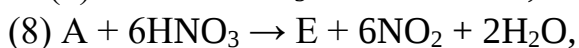
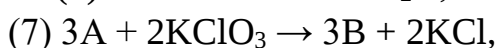
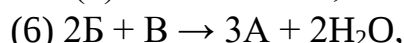
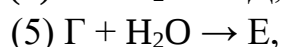
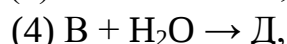
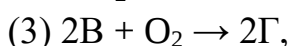
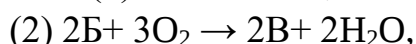
1. Установите, какое количество молекул воды входит в состав кристаллогидрата (установите значение n), назовите кристаллогидрат.

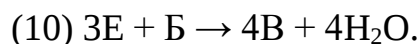
2. Приведите уравнение реакции, протекающей в процессе данного синтеза.

3. Рассчитайте объем концентрированного раствора серной кислоты ($\omega = 96\%$, $\rho = 1,84$ г/мл) и воды, необходимые для приготовления 57 мл 10% раствора ($\rho = 1,066$ г/мл).

4. Рассчитайте практический выход кристаллогидрата, если при проведении описанного синтеза его было получено 10 граммов. Считать, что реакция прошла до конца.

Задача 8-3. «Химические превращения». Элемент X представляет собой неметалл, которому соответствует простое вещество А. В уравнениях (1) – (12) представлены химические превращения веществ, в состав которых входит элемент X. Перечислим некоторые признаки зашифрованы веществ. Вещество А при нормальных условиях твердое, нерастворимое в воде, желтого цвета. Вещества Б и В – газы со специфическими запахами. В растворах веществ Д и Е лакмус меняет цвет на красно-розовый.





Задание:

1. Определите формулы соединений А – Ж и приведите их названия.
2. Запишите уравнения реакций (1) – (10).
3. В зависимости от условий реакция 9 может идти по-разному. Приведите еще одно уравнение реакции взаимодействия Zn с веществом E.

Задача 8-4. «На помощь!». Однажды юный химик Ярослав во время выполнения лабораторной работы забыл порядок, в котором наливал вещества в пробирки ($ZnCl_2$, KOH, Na_2S , $AgNO_3$), но он не растерялся и для идентификации веществ решил провести реакции веществ друг с другом, а результат оформил в виде таблицы, указывая признаки реакций («↓» осадок).

	1	2	3	4
1		белый ↓, растворим в избытке	коричневый ↓	признаков нет
2	белый ↓, растворим в избытке		белый ↓	белый ↓
3	коричневый ↓	белый ↓		черный ↓
4	признаков нет	белый ↓	черный ↓	

Задания:

1. Помогите Ярославу: соотнесите номер пробирки с формулой вещества в ней. Ответ представьте в формате «номер – формула» и сопроводите комментариями.
2. Напишите уравнения реакций.
3. Предложите такое одно вещество, добавление которого к каждому из веществ в списке позволит однозначно идентифицировать каждое. Напишите уравнения реакций и укажите признаки.

ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

Задача 9-1. «Разложение». При нагревании 1,79 г вещества X образовалось 0,87 г темно-бурого порошка А, способного взаимодействовать с соляной кислотой и с расплавом гидроксида натрия, и 0,448 л (при н.у.) газа В.

Задания:

1. Установите вещества А, В, Х. Ответ представьте в формате «буква-формула» и подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций.

Задача 9-2. «Элемент Х». Элемент Х, образующий простое вещество А, имеет огромное значение в современном мире. Наиболее распространённым соединением Х является вещество В ($\omega(X) = 46,67\%$), образующееся при

нагревании **A** в токе кислорода (*реакция 1*). Примечательно, что это вещество можно найти как в химической лаборатории, так и на берегу моря.

При взаимодействии **X** с двумя эквивалентами магния (*реакция 2*) образуется вещество **C**. Если обработать **C** соляной кислотой, выделяется газ **D** (*реакция 3*), взаимодействующий с перманганатом калия с образованием бурого осадка и вещества **E** (*реакция 4*), часто называемого «**X**-овая кислота». При взаимодействии **E** со фтороводородной кислотой образуется новая кислота **F** ($\omega(\text{H}) = 1,39\%$) (*реакция 5*), при разложении которой образуется газообразный фторид **G** (*реакция 6*), содержащий **X**. Еще одним схожим по свойствам соединением элемента **X** является вещество **H**, образующееся в реакции **B** с коксом и желто-зеленым газом **Y** (*реакция 7*). Одним из применений **H** является создание «искусственного дыма» - данное вещество активно гидролизруется (*реакция 8*).

Задания:

1. Укажите элемент **X**, вещества **A – H**, **Y**, приведите уравнения реакций. Ответ представьте в формате «буква-формула» и подтвердите расчетом.
2. Укажите хотя бы одно применение **B** в лабораторной практике (не в качестве реактива).
3. Предположите, почему фтороводородную кислоту нельзя хранить в стеклянной посуде? Какие вещества образуются при ее хранении в стекле, состоящем преимущественно из **B**.

Задача 9-3 «Поехали!». В качестве топлива для ракетных двигателей используют вещество **A** ($w(\text{C}) = 39,97\%$, $w(\text{H}) = 13,42\%$, $w(\text{N}) = 46,61\%$), а в качестве окислителя топлива может быть использовано жидкое бинарное вещество **B** ($w(\text{O}) = 69,55\%$). При этом в продуктах взаимодействия веществ **A** и **B** оказываются три вещества: вещество **C** представляет собой газ, которого больше всего в земной атмосфере, вещество **D**, которым обычно газифицируют напитки, и вещество **E**, которое является основой жизни на Земле.

Для исследования термохимических характеристик вещества **A** провели следующий эксперимент. Образец вещества **A** массой 1 г сожгли в калориметре. Начальная температура калориметра была равна 298,15 К и увеличилась на 14,76 К.

Задания:

1. Установите формулы веществ **A–E**. Ответ подтвердите расчетом и представьте в формате «буква-формула».
2. Приведите структурные формулы веществ **A** и **B**. Дополнительно известно, что молекула вещества **A** симметрична.
3. Вычислите стандартную теплоту сгорания вещества **A**, если установленная при калибровке теплоемкость калориметра составила 2,04 кДж/К.
4. Рассчитайте тепловой эффект реакции взаимодействия веществ **A** и **B**. Используйте величины стандартных теплот образования:

Вещество	A	B	C	D	E
$\Delta_f Q^\circ$, кДж/моль	-47,84	-9,16	0	393,52	241,83

Р.С. Стандартной теплотой сгорания вещества называется количество теплоты, которое выделяется при сгорании 1 моль вещества.

Задача 9-4. «На помощь!». Однажды юный химик Федя во время выполнения лабораторной работы забыл порядок, в котором наливал вещества в пробирки (AlCl_3 , NaOH , K_2S , AgNO_3), но он не растерялся и для идентификации веществ решил провести реакции веществ друг с другом, а результат оформил в виде таблицы, указывая признаки реакций («↓» осадок).

	1	2	3	4
1		белый ↓, растворим в избытке	коричневый ↓	признаков нет
2	белый ↓, растворим в избытке		белый ↓	белый осадок и газ
3	коричневый ↓	белый ↓		черный ↓
4	признаков нет	белый осадок и газ	черный ↓	

Задания:

1. Помогите Феде: соотнесите номер пробирки с формулой вещества в ней. Ответ представьте в формате «номер – формула» и сопроводите комментариями.
2. Напишите уравнения реакций.
3. Предложите такое одно вещество, добавление которого к каждому из веществ в списке позволит однозначно идентифицировать каждое. Напишите уравнения реакций и укажите признаки.

ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

Задача 10-1. «В осадок». Взаимодействие в соотношении 1:1 растворов солей **А** и **В**, образованных металлами **Х** и **У**, соответственно, приводит к выпадению белого осадка **С** ($w(\text{X}) = 58,80\%$). Вещество **С** способно растворяться в кислотах: при взаимодействии с соляной кислотой образуется вещество **А**, а при взаимодействии с очень распространенной кислотой **Д** ($w(\text{H}) = 2,04\%$) образуется не менее распространенное нерастворимое в воде белое вещество **Е** ($w(\text{X}) = 58,80\%$), которое уже не растворяется в кислотах.

Для растворения вещества **Е** поступают так: суспензию вещества **Е** кипятят в насыщенном растворе соли **Г** в соотношении 1:1. При этом образуется вещество **Г** ($w(\text{X}) = 69,54\%$), которое способно взаимодействовать с соляной кислотой с образованием вещества **А** и выделением газа **Н**, вызывающего помутнение известковой воды.

Дополнительно известно, что вещества окрашивают пламя: вещество **А** в зеленый цвет, вещество **В** в фиолетовый, а вещество **Г** в желтый.

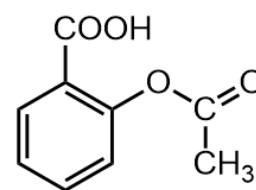
Задания:

1. Установите вещества **А-Н**, **Х**, **У**. Ответ подтвердите расчетом и представьте в формате «буква – формула».

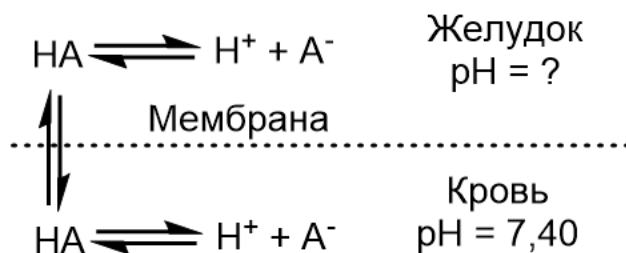
2. Напишите уравнения реакций.

Задача 10-2. «Аспирин». Эффективность лекарств сильно зависит от их способности попадать в кровь. Кисотно-основные равновесия играют важную роль в поглощении лекарств.

Рассмотрим поглощение кровью слабокислотного лекарства аспирина (ацетилсалициловая кислота). Клеточная мембрана непроницаема для анионов кислоты A^- , а нейтральные молекулы кислоты HA легко проникают через нее. В условиях равновесия в крови и желудке равновесные концентрации недиссоциированных форм (HA) равны:



Ацетилсалициловая кислота



Задания:

1. Вычислите pH в желудке, если концентрация соляной кислоты в желудке 0,01 моль/л.

2. Вычислите pH раствора ацетилсалициловой кислоты ($K = 3,02 \cdot 10^{-4}$), полученного при растворении таблетки аспирина массой 0,5 г в 250 мл воды.

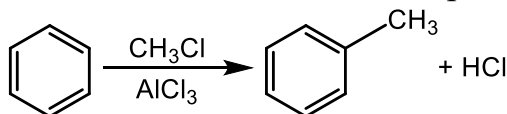
3. Рассчитайте отношение общей концентрации всех форм аспирина в крови (HA и A^-) к общей концентрации всех форм (HA и A^-) в желудке.

P.S. Для реакции диссоциации слабой кислоты $HA \leftrightarrow H^+ + A^-$ константой называется выражение, в котором $[HA]$, $[H^+]$, $[A^-]$ – равновесные концентрации веществ в моль/л:

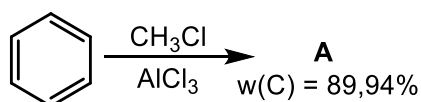
$$K = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

$pH = -\lg[H^+]$, где $\lg$ – логарифм по основанию 10, $[H^+]$ – равновесная концентрация ионов H^+ в моль/л.

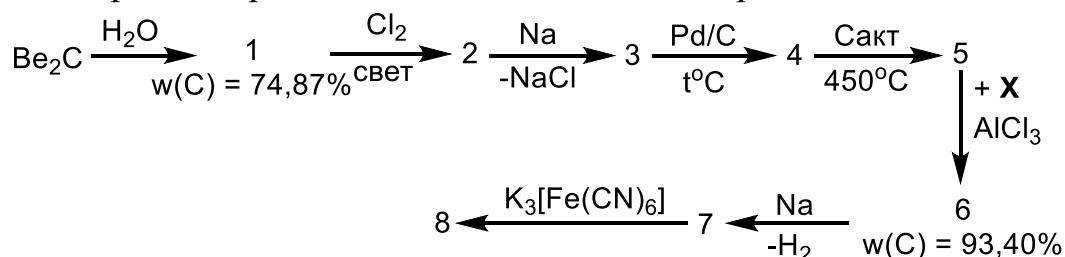
Задача 10-3. «Алкилирование». Алкилирование по Фриделю-Крафтсу – один из немногих примеров реакций создания связи C-C в школьной химии. Реакция представляет собой замещение атома водорода в ароматических системах на углеводородный фрагмент под действием алкилгалогенидов в присутствии, например, $AlCl_3$ в качестве катализатора:



Однако если попытаться осуществить приведенную реакцию на практике, то вместо ожидаемого продукта в основном образуется вещество А:



С использованием этой реакции в 1900 году Гомбергу удалось получить исходное вещество «6» для синтеза первого стабильного радикала «8» окислением красной кровяной солью вещества «7» красного цвета.



Задания:

1. Установите структуру вещества **A**, если дополнительно известно, что молекула вещества **A** несимметричная. Ответ представьте в формате «буква – структура» и подтвердите расчетом.

2. Установите формулу вещества **X**, если при сгорании 11,95 г вещества **X** образуется 4,40 г вещества **B**, которым обычно газируют напитки, 3,65 г вещества **C**, которое является основным компонентом кислоты в желудке, и 7,10 г вещества **D**, представляющего собой ядовитый желто-зеленый газ. Ответ представьте в формате «буква – формула» и подтвердите расчетом.

3. Определите неизвестные вещества в цепочке превращений. Ответ представьте в формате «цифра – структура». Дополнительно известно, что взаимодействие вещества «6» с металлическим натрием сопровождается выделением водорода.

Задача 10-4. «Все превращения в одной пробирке». Ученик 10 класса Никита С. получил следующее задание на практическую работу.

Задание: Вам выдан набор пронумерованных веществ, представляющих собой водные растворы некоторых веществ. Каждый раствор содержит только одно вещество.

Вещество	FeCl ₃	Na ₂ CO ₃	HCl	KSCN	NaF	NaOH	Na ₂ S
Концентрация	0,1М	1М	2М	0,05М	1М	1М	1М
Номер пробирки	1	2	3	4	5	6	7

Используя выданные реактивы и оборудование, экспериментально осуществите следующие превращения:

1. В чистую химическую пробирку добавьте 10 капель раствора №1. Отметьте цвет раствора.
2. К раствору №1 добавьте 3 капли раствора №2. Отметьте происходящие изменения.
3. Затем добавьте 5 капель раствора №3. Отметьте происходящие изменения.
4. К полученной смеси добавьте 5 капель раствора №4. Отметьте происходящие изменения.

5. Затем добавьте 20 капель раствора №5. Отметьте происходящие изменения.
6. После того, как реакция закончится, добавьте 10 капель раствора №6. Перемешайте и отметьте происходящие изменения.
7. К полученной смеси добавьте 2-3 капли раствора №7. Перемешайте и отметьте происходящие изменения.

Задания:

1. Проведите мысленный эксперимент.
2. Для каждого опыта укажите происходящие изменения, объясните причину этих изменений и составьте уравнения реакций, принимая, что реакции протекают в стехиометрических соотношениях.
3. Определите вещества, содержащиеся в продуктах реакций, которые обуславливают аналитические эффекты. Укажите их формулы и названия.
4. Дайте аргументированный ответ на вопрос, возможно ли из предложенных веществ получить осадок белого цвета, бесцветный газ и раствор желтого цвета? Ответ подтвердите уравнениями реакции.

ОДИННАДЦАТЫЙ КЛАСС

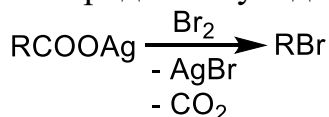
Задача 11-1. «Открытие». В 2017 году российские химики из Московского физико-технического института открыли первое настоящее соединение **X** элемента **A**, химия которого раньше была совершенно неизвестна. Вещество **X** удалось синтезировать взаимодействием двух простых веществ **A** и **B** под давлением 1,1 млн атмосфер! Разумеется, такое вещество неустойчиво и при хранении обратно разлагается на простые вещества **A** и **B**. О веществах **A** и **B** известно: вещество **B** окрашивает пламя в желтый цвет, а плотность паров вещества **A** по гелию равна 1.

Задания:

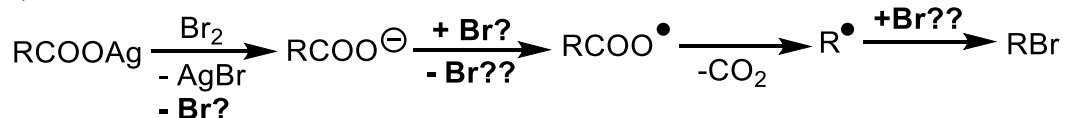
1. Установите вещества **X**, **A** и **B**. Содержание вещества **B** составляет 91,99% по массе, а молярная масса вещества **X** меньше 70 г/моль. Ответ представьте в формате «буква – формула» и подтвердите расчетом.
2. Назовите вещество **X**.
3. Определите степени окисления элементов в составе **X**.
4. Напишите уравнения реакций взаимодействия вещества **X** с кислородом и водой.
5. Период полураспада вещества **X** равен 16,10 мс. Вычислите, какая масса вещества останется через: а) 16,10 мс; б) 0,001мс; в) 32,20 мс; г) 72,45 мс; д) 5000 мс, если масса начальной навески 0,08 г.

P.S. Периодом полураспада вещества называется время, за которое половина вещества разлагается или вступает в реакцию.

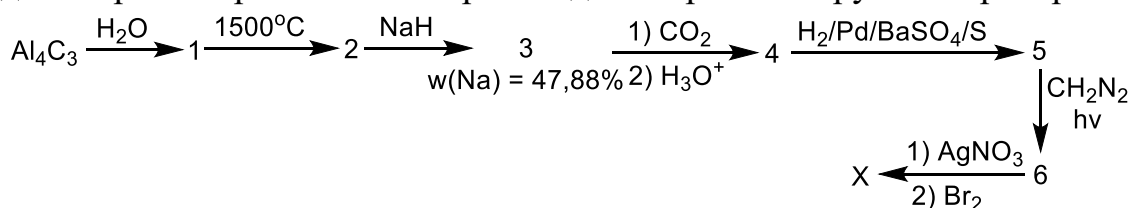
Задача 11-2. «Клэр Хундикер». Ни для кого не секрет, что в органической химии огромное количество именных реакций. Большая часть из них носит мужские фамилии, однако среди них есть и реакции, открытые женщинами, например, реакция Бородина-Хундикер.



Эта реакция открыта в 1861 году А.П. Бородиным и представляет собой превращение серебряных солей карбоновых кислот в галогеналканы. Однако механизм реакции, синтетическое применение и улучшение реакции с использованием ртутных солей – результат работы Клэр Хундликер. Механизм реакции представляет собой превращение серебряной соли карбоновой кислоты в карбоксилат-радикал, который претерпевает превращение в алкильный радикал, а затем в галогеналкан.



На сегодняшний день эта реакция находит синтетическое применение для получения галогенпроизводных, которые неустойчивы под действием обычных методов галогенирования. Ниже представлена схема получения важного для фармацевтического производства функционального фрагмента X, который находит широкое применение в производстве противовирусных препаратов.



О веществах на схеме дополнительно известно:

- Вещество 4 окрашивает лакмус в красный цвет.
- В составе вещества 5 число атомов водорода в 2 раза больше числа атомов кислорода.
- Вещество 6 содержит трехчленный цикл.
- При сжигании 12 г вещества X образуется 6,65 л (при н.у.) CO_2 , 3,57 мл воды и 8,03 г HBr .

Задания:

1. Внимательно рассмотрите механизм реакции. На схеме представлены две частицы (выделены жирным) «Br?» и «Br??». Определите, какой частицей является каждая из них (катион, анион, радикал). Ответ кратко объясните.

2. Установите формулу вещества X. Ответ подтвердите расчетом.

3. Определите неизвестные вещества в цепочке превращений. Ответ представьте в формате «цифра-структура».

4. Что образуется при гидрировании вещества X? Напишите уравнение реакции, используйте структурные формулы.

5. Чем известен А.П. Бородин?

Задача 11-3. «Хамелеон минеральный». Распространенный минерал А ($\omega(\text{X}) = 63,19\%$), представляющий из себя оксид, используется для получения металла X и темно-фиолетового вещества В. Химикам А известен очень давно: еще Карл Вильгельм Шееле смог впервые получить желто-зеленый газ Y, введя А в реакцию с кислотой С (реакция 1). Металл X получают алюмотермией оксида D ($\omega(\text{X}) = 69,60\%$) (реакция 2), образующегося при прокаливании А (реакция 3).

Классическим методом получения вещества В является следующая последовательность реакций: А вводят в реакцию с Y в растворе гидроксида калия (реакция 4), после чего получившийся темно-зеленый продукт Е вновь обрабатывают Y (реакция 5). Однако в настоящее время наиболее активно используется метод электролиза концентрированного раствора Е, в результате

которого и образуется **В** (реакция 6). Само по себе соединение **В** также неустойчиво. Так, при долгом нахождении в растворе оно способно окислять воду с образованием бурого осадка **А** и газа **З** (реакция 7).

Помимо широкого применения в лабораторной практике **В** часто используется для различных демонстрационных экспериментов. Так, при добавлении к 10 г кристаллического **В** 0,99 мл органического вещества **Г** ($\rho = 1,26 \text{ г/см}^3$) образуется 4,37 г поташа, 0,97 г воды и 201,6 мл CO_2 (при н.у). Сама же реакция является сильно экзотермической, а потому протекает с самовозгоранием (реакция 8).

Задания:

1. Установите элемент **Х**. Ответ подтвердите расчетом.
2. Установите формулы веществ **А – Г, У и З**. Ответ представьте в формате «буква-формула» и подтвердите расчетом.
3. Напишите уравнения реакций.
4. Напишите тривиальное название вещества **А**.

Задача 11-4. «Все превращения в одной пробирке». Ученик 11 класса Дима Д. получил следующее задание на практическую работу.

Задание: Вам выдан набор пронумерованных веществ, представляющих собой водные растворы некоторых веществ. Каждый раствор содержит только одно вещество.

Вещество	CuSO_4	Na_2CO_3	HCl	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	NaOH	Аскорбиновая кислота
Концентрация	2%	0,5М	1М	1%	2М	1М	5%
Номер пробирки	1	2	3	4	5	6	7

Используя выданные реактивы и оборудование, экспериментально осуществите следующие превращения:

1. В чистую химическую пробирку добавьте 10 капель раствора №1. Отметьте цвет раствора.
2. К раствору №1 добавьте 3 капли раствора №2. Отметьте происходящие изменения.
3. Затем добавьте 5 капель раствора №3. Отметьте происходящие изменения.
4. К полученной смеси добавьте 5 капель раствора №4. Отметьте происходящие изменения.
5. Затем добавьте 10 капель раствора №5. Отметьте происходящие изменения.
6. После того, как реакция закончится, добавьте 20 капель раствора №6. Перемешайте и отметьте происходящие изменения.
7. К полученной смеси добавьте 20 капель раствора №7. Перемешайте и оставьте на 5 минут отметьте происходящие изменения.

Задания:

1. Проведите мысленный эксперимент.
2. Для каждого опыта укажите происходящие изменения, объясните причину этих изменений и составьте уравнения реакций, принимая, что реакции протекают в стехиометрических соотношениях.
3. Определите вещества, содержащиеся в продуктах реакций, которые обуславливают аналитические эффекты. Укажите их формулы и названия.

4. Дайте аргументированный ответ на вопрос, возможно ли из предложенных веществ получить осадок белого цвета, осадок черного цвета и бесцветный газ? Ответ подтвердите уравнениями реакции.

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. «Шифр».

Рекомендации к решению и оценке:

1. **Зашифрованное оборудование:** Воронка, фильтр, стакан, штатив, стеклянная палочка.

2. Данный метод разделения основан на различной растворимости и различных размерах частиц вещества

3. Последовательность действий при разделении смеси битого стекла, поваренной соли и железных скрепок:

1) железные скрепки отделить с помощью магнита.

2) в оставшуюся смесь добавить воды. Полученную неоднородную смесь – битого стекла и раствора поваренной соли можно разделить двумя способами.

а) отстаивание с последующей декантацией;

б) фильтрованием.

3) выпариванием можно выделить соль из водного раствор поваренной соли.

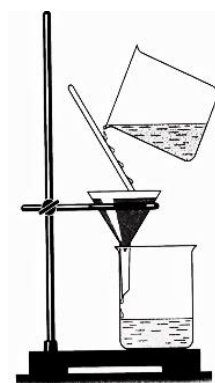


Рисунок установки

За расшифровку оборудования – по 1 баллу, итого

– 5 баллов

За составление рисунка

– 5 баллов

За указание свойств, на которых основан данный метод

– 5 баллов

За указание правильной последовательности разделения смеси

– 10 баллов

Максимальное число баллов за задачу

– 25 баллов

Задача 7-2. «Юный химик». Рекомендации к решению и оценке:

1. Лабораторное оборудование:

1 – пробирка; 2 – газоотводная трубка; 3 – штатив; 4 – химический стакан; 5 – лапка штатива.

2. Водород с помощью данной установки собрать не удалось, потому что газ легче воздуха, он улетучивается из открытого сосуда-приемника. Его можно собрать, держа сосуд-приемник вверх дном.

3. $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$, сумма коэффициентов равна – 5.

4. $\varphi(\text{H}_2) = 2/3 = 0,66$ или 66%

5. Моноксид дигидрогена – H_2O , $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 16 = 18$

За название оборудования – по 1 баллу, итого

– 5 баллов

За аргументированный ответ

– 5 баллов

За написание уравнения и определение суммы коэффициентов

– 5 баллов

За расчет объемной доли водорода

– 5 баллов

За написание формулы и расчет $M_r(\text{H}_2\text{O})$

– 5 баллов

Максимальное число баллов за задачу

– 25 баллов

Задача 7-3. «Ребус»

12	6	3	9	13		19	11	5	14
к	а	п	л	я		в	о	д	ы

5	11	8	11	16	22		24	11	9	11	21	6
д	о	р	о	ж	е		з	о	л	о	т	а

	5			18	22	15	5	22	9	22	22	19
	Д	.		М	е	н	д	е	л	е	е	в

$$2) m_1 = 1000 \text{ мл} \cdot 1,028 \text{ г/мл} = 1028 \text{ г}$$

$$m_{\text{в-ва}}(\text{жира}) = 1028 \text{ г} \cdot 0,027 = 27,76 \text{ мл}$$

$$m_2 = 500 \text{ мл} \cdot 1,024 \text{ г/мл} = 512 \text{ г}$$

$$m_{\text{в-ва}}(\text{жира}) = 512 \text{ г} \cdot 0,05 = 25,6 \text{ г}$$

$$\omega(\text{жира}) = (27,76 + 25,6) / (1028 + 512) = 0,035 \text{ или } 3,5\%$$

3) Молоко – это гетерогенная (неоднородная) смесь, состоящая из воды, жира и белков

За расшифровку фразы

– 5 баллов

За расчет массы раствора

– 5 баллов

За расчет массы растворенного вещества

– 5 баллов

За расчет массовой доли растворенного вещества

– 5 баллов

За определение типа смеси и ее компонентов

– 5 баллов

Максимальное число баллов за задачу

– 25 баллов

Задача 7-4. «Вещество X»

Рекомендации к решению и оценке:

1. А – N азот, Б – H водород, В – C углерод, Г – O кислород, X – $\text{N}_2\text{H}_4\text{CO}$ мочевины.

Зная формулу углекислого газа, рассчитаем его относительную молекулярную массу:

$M_r(\text{CO}_2) = 12 + 16 \cdot 2 = 44$, следовательно, $M_r(\text{веселящий газ}) = 44$. Известно, что оба газа содержат элемент Г, благодаря которому их относят к оксидам, можно сделать вывод, что элемент Г – это кислород (O). Число атомов элемента Г в углекислом газе в 2 раза превышает содержание атомов элемента Г в веселящем газе, значит веселящий газ содержит один атом кислорода. Рассчитаем относительную атомную массу элемента А, который входит также в состав веселящего газа, который по условию содержит всего три атома, один из которых кислород: $A_r(A) = 44 - 16 = 28$, получившееся значение делим на 2, получаем 14, это соответствует $A_r(N)$. Следовательно, формула веселящего газа N_2O

Элемент **В** является составной частью углекислого газа, делаем вывод, что **В** – это углерод. Элементы **Б** и **В** входят в состав основного компонента природного газа. Известно, что относительно молекулярная масса природного газа равна 16. Зная, что элемент **В** – углерод можно рассчитать $A_r(B) = 16 - 12 = 4$, данная масса советует гелию, но он не подходит по условию задачи. Если получившееся число разделить на 4, получим 1, это значение соответствует $A_r(H)$. Зная массовую долю можно сделать проверку: $\omega(H) = 1 \cdot 4 / 16 = 0,25$ или 25%. Получаем, что основной компонент природного газа метан – CH_4 .

Известно, что в веществе **Х** элементы находятся в таком же количественном соотношении, что в N_2O и в CH_4 , значит формула вещества **Х** – N_2H_4CO

Делаем проверку $M_r(N_2H_4CO) = 2 \cdot 14 + 4 \cdot 1 + 12 + 16 = 60$, что соответствует условию.

2. Рассчитаем массовую долю элемента N в соединении **Х**.

$$\omega(N) = 2 \cdot 14 / 60 = 0,47 \text{ или } 47\%$$

3. Приведем формулы и названия не менее 5 простых веществ, образованных элементами, входящими в состав вещества **Х**.

N_2 – азот, H_2 – водород, C – уголь, O_2 – кислород, O_3 – озон.

За установление формулы вещества **Х** – 10 баллов

За расчет массовой доли элемента N в соединении **Х**. – 5 баллов

За указание формул простых веществ – 5 баллов

За название простых веществ – 5 баллов

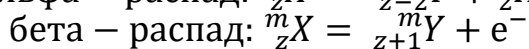
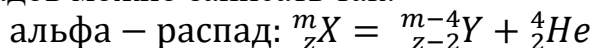
Максимальное число баллов за задачу – 25 баллов

Максимальное число баллов за задачи 7 класса – 100 баллов

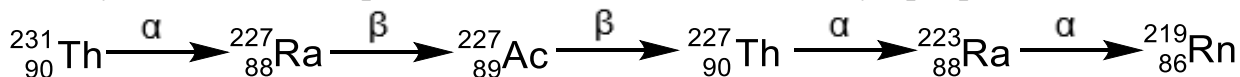
ВОСЬМОЙ КЛАСС

Задача 8-1. «Изотопы». Рекомендации к решению и оценке:

1. Для решения задачи удобно составить для себя схему альфа- и бета-распада. Схемы распадов можно записать так:



Пользуясь такой «шпаргалкой» легко заполнить схему превращений:



А	В	С
${}^{227}_{88}Ra$	${}^{227}_{89}Ac$	${}^{223}_{88}Ra$

2. Типы распадов:

1	2	3
β	α	α

3. Цепочка распадов заканчивается элементом радон (${}^{220}_{86}Rn$). Элемент радон находится в VIII группе главной подгруппе периодической таблицы Д.И. Менделеева, т.е. в подгруппе благородных газов. Эти элементы образуют простые вещества, газообразные при нормальных условиях.

За определение массового числа, за каждое по 2 балла, всего	– 6 баллов
За определение заряда ядра по 2 балла, всего	– 6 баллов
За определение типа распада по 4 балла, всего	– 12 балла
За указание агрегатного состояния	– 1 балл
Максимальное количество баллов за задачу	– 25 баллов

Задача 8-2. «Цинковый купорос».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Рассчитаем количество молекул воды в составе кристаллогидрата:

$$\omega(\text{O}) = \frac{A_{\text{O}_2} \cdot \nu_{\text{O}_2}}{M_{\text{кристаллогидрата}}} = \frac{16 \cdot 4 + 16n}{M(\text{ZnSO}_4) + nM(\text{H}_2\text{O})},$$

$$0,6132 = \frac{64 + 16n}{161 + 18n}, n \approx 7,$$

формула кристаллогидрата – $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – семиводный сульфат цинка или гептагидрат сульфата цинка

2. Уравнение реакции: $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$

3. Расчет:

$$\nu(10\% \text{ раствор } \text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M} = \frac{V(\text{раствора } \text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \rho \cdot \omega}{M} = \frac{57 \cdot 1,066 \cdot 0,1}{98} = 0,062 \text{ моль.}$$

$$V(96\% \text{ раствор } \text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{раствора}) / \rho = \nu \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4) / \omega \cdot \rho$$

$$V(96\% \text{ раствор } \text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,062 \cdot 98}{1,84 \cdot 0,96} = 3,439 \text{ мл.}$$

$$V(\text{воды}) = V(\text{раствора}) - V(96\% \text{ раствор } \text{H}_2\text{SO}_4) = 57 \text{ мл} - 3,439 \text{ мл} = 53,561 \text{ мл.}$$

4. По условию в реакцию вступает 3 грамма цинка, что составляет

$$\nu = \frac{3}{65} = 0,046 \text{ моль,}$$

Количество кристаллогидрата соответствует количеству вступившего в реакцию цинка, отсюда масса кристаллогидрата равна:

$$m(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = \nu \cdot M(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 0,046 \cdot 287 \approx 13,24 \text{ грамма.}$$

$$\eta = \frac{m(\text{практическая})}{m(\text{теоретическая})} \cdot 100\% = \frac{10}{13,24} \cdot 100\% \approx 75,53\%$$

За определение формулы кристаллогидрата и название – 8 баллов

За уравнение реакции – 1 балл

За расчет объема концентрированного раствора серной кислоты и объема воды – 8 баллов

За расчет практического выхода – 8 баллов

Максимальное количество баллов за задачу – 25 баллов

Задача 8-3. «Химические превращения»

Рекомендации к решению и оценке:

1. Формулы и названия веществ: А – S (сера)

Б – H_2S (сероводород)

В – SO_2 (диоксид серы, оксид серы (IV), сернистый газ)

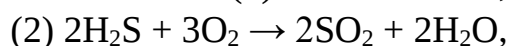
Г – SO_3 (триоксид серы, оксид серы (VI))

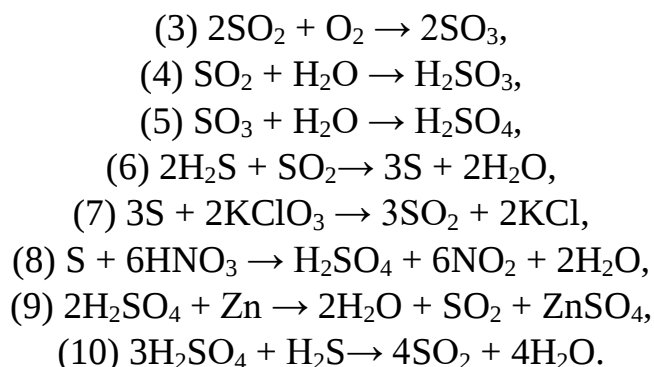
Д – H_2SO_3 (сернистая кислота)

Е – H_2SO_4 (серная кислота)

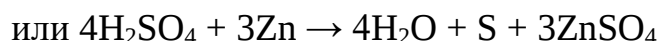
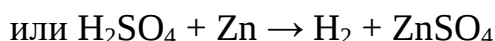
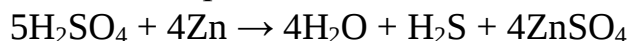
Ж – ZnSO_4 (сульфат цинка)

2. Таким образом, уравнения: (1) $\text{S} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{S}$,





3. Реакция между цинком и серной кислотой может идти по уравнениям:



За формулы и названия веществ, за каждое по 2 балла, всего

– 14 баллов

За уравнения реакций, за каждое по 1 баллу, всего

– 10 баллов

За составление еще одного уравнения реакции 9

– 1 балл

Максимальное количество баллов за задачу

– 25 баллов

Задача 8-4. «На помощь!». Рекомендации к решению и оценке:

1. Чтобы помочь решить задачу, можно составить тренировочную табличку с указанием ожидаемых признаков реакций. Например, черный осадок из приведенных веществ может давать только сульфид серебра, значит, в пробирке под номером 3 или 4 может быть нитрат серебра или сульфид натрия, или наоборот. Проверить это можно по другим признакам, например, по белому осадку, который может быть или хлоридом серебра, или гидроксидом цинка. Следовательно, если в одном столбике оказался черный осадок сульфида серебра и белый осадок, то под этим номером скрывается нитрат серебра.

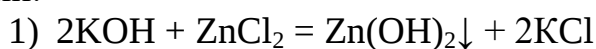
Аналогичным образом рассуждая устанавливаются остальные вещества:

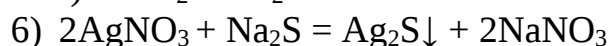
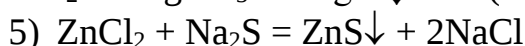
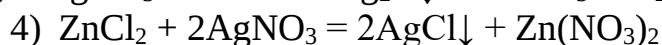
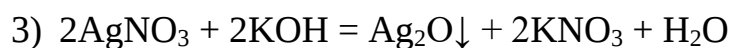
	KOH	ZnCl ₂	AgNO ₃	Na ₂ S
KOH		белый ↓, растворим в избытке	коричневый ↓	признаков нет
ZnCl ₂	белый ↓, растворим в избытке		белый ↓	белый ↓
AgNO ₃	коричневый ↓	белый ↓		черный ↓
Na ₂ S	признаков нет	белый ↓	черный ↓	

Таким образом, вещества:

1	2	3	4
KOH	ZnCl ₂	AgNO ₃	Na ₂ S

2. Уравнения реакций:





3. Чтобы подобрать вещество, которое позволит однозначно идентифицировать все остальные, нужно подумать о признаках реакций, которые стоит ожидать от каждого из веществ в списке. Обнаружить хлорид цинка можно по реакциям на катион цинка, т.к. реакция с хлоридом уже использована в условии. Нитрат серебра аналогично открывается по обнаружению катиона серебра. Сульфид натрия легко обнаружить по выделению сероводорода в реакциях с более сильными кислотами, т.к. осаждение сульфидов уже не получится использовать – реакция использована в условии. Искать катионы щелочных металлов (натрий и калий) довольно сложно, к тому же таким реагентом, чтобы найти и другие ионы.

Под описание всех свойств подходит фосфорная кислота – H_3PO_4 .

Уравнения реакций:

Уравнение реакции	Признак
$3\text{KOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	Видимых признаков реакции нет
$3\text{ZnCl}_2 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{HCl}$	Белый осадок $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$
$3\text{AgNO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Ag}_3\text{PO}_4 + 3\text{HNO}_3$	Желтый осадок Ag_3PO_4
$3\text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = 2\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{S}$	Выделение газа с запахом тухлых яиц (H_2S)

Таким образом, по признакам реакций веществ с фосфорной кислотой можно обнаружить все вещества из списка. (К проверке принимается любой реагент, который позволит однозначно идентифицировать все исходные вещества.)

Разбалловка:

1) За каждое вещество: $1,5 \cdot 4 = 66$

2) Уравнения реакций: $1,5 \cdot 6 = 96$

3) Предложен реагент: 26

Уравнения реакций с признаками: $2 \cdot 4 = 86$

(Если уравнения реакций без признаков: $1 \cdot 4 = 46$)

Сумма: 25 баллов

Максимальное число баллов за задачи 8 класса – 100 баллов

ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

Задача 9-1. «Разложение».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Из условия задачи следует, что вещество **X** разложилось с образованием двух веществ. Больше всего количественных параметров дано для газа **B**: известен его объем, значит, можно найти количество вещества газа, и можно найти его массу, т.к. действует закон сохранения массы – масса продуктов равна массе реагентов. Найдем массу газа **B** и его молекулярную массу:

$$m(\text{B}) = m(\text{X}) - m(\text{A}) = 1,79 - 0,87 = 0,92 \text{ г}$$

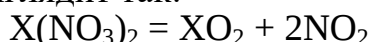
$$n(B) = V(B) / V_N = 0,448 / 22,4 = 0,02 \text{ моль}$$

$$M(B) = m(B) / n(B) = 0,92 / 0,02 = 46 \text{ г/моль}$$

При разложении веществ разумно ожидать образование оксидов, водородных соединений или простых веществ. Начнем с самого простого – газ **В** оксид. Перебор молекулярных масс оксидов указывает на NO₂. Таким образом, газ **В** – это NO₂, значит, разложению подвергли нитрат какого-то металла.

Если в продуктах разложения нитрата оказался только NO₂, значит, вещество **А** – оксид какого-то металла, который окислился выделяющимся кислородом. Такому разложению могут подвергаться нитраты двухвалентных металлов, т.к. нитраты одновалентных металлов дадут металл (нитраты неактивных металлов) или будут разлагаться по стандартной схеме, т.е. без окисления оксида.

Общая схема разложения выглядит так:



Зная количество вещества NO₂, можем найти количество вещества оксида по уравнению реакции, а зная массу оксида – можем найти его молекулярную массу.

$$n(XO_2) = 0,5 \cdot n(NO_2) = 0,01 \text{ моль}$$

$$M(XO_2) = 0,87 / 0,01 = 87 \text{ г/моль}$$

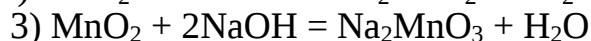
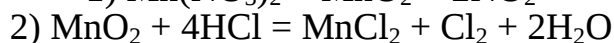
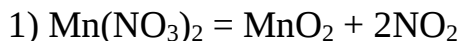
Зная молекулярную массу оксида, можем найти массу металла и определить металл:

$$M(X) = M(XO_2) - 2 \cdot M(O) = 87 - 2 \cdot 16 = 55 \text{ г/моль}$$

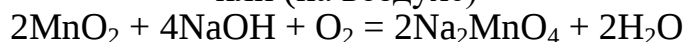
Молярная масса соответствует марганцу. Таким образом, разложению подвергли вещество **X** – нитрат марганца (II) Mn(NO₃)₂.

X	A	B
Mn(NO ₃) ₂	MnO ₂	NO ₂

2. Уравнения реакций:



или (на воздухе)



Разбалловка:

- 1) Найдена масса **В**: 26, Найдено количество **В**: 26
 Найдена молярная масса **В**: 26, Идентифицировано вещество **В**: 36
 Найдено количество вещества **A** любым способом: 26
 Найдена молярная масса **A**: 26
 Найдена молярная масса металла в составе **A**: 16
 Идентифицированы вещества **X**, **A**: 2*3 = 66
- 2) Уравнения реакций 1 и 2: 1*2 = 26
 Уравнение реакции 3 (любое из двух): 36

Сумма: 25 баллов

Задача 9-2. «Элемент X».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Начать решение логично с выведения молекулярной формулы вещества **В**. Так как оно является продуктом нагревания **A** в токе кислорода, то, скорее всего, является оксидом. Зная массовую долю **X** несложно вычислить массовую долю кислорода: $w(O) = 100 - w(X) = 100 - 46,67 = 53,33\%$. После чего провести перебор оксидов (для удобства можно использовать дробные индексы):

Формула	XO _{0,5}	XO	XO _{1,5}	XO ₂	XO _{1,5}	XO ₃	XO _{3,5}	XO ₄
M(B)	15	30	45	60	75	90	105	120
M(X)	7	14	21	28	35	42	49	56
X	Li	N	Ne-Na	Si	≈Cl	Ca-Sc	Ti-V	Fe

Исходя из расчета исключительно по массовой доле, подходят 3 вещества: Li₂O, NO и SiO₂. X не может быть литием исходя из реакции 2, т.к. с активными металлами он не взаимодействует. NO, в свою очередь, образуется не при нагревании азота в токе кислорода, но в ходе реакции в электрической дуге. Значит, единственным подходящим веществом является диоксид кремния (B), подсказками к которому является нахождение на берегу моря и вопрос о хранении HF в стеклянной посуде.

Таким образом, что X – Si, A – Si. Из приведенных эквивалентов в реакции 2 следует, что C – Mg₂Si, силицид магния. Так как магний в ПСХЭ находится левее кремния, то обладает меньшей электроотрицательностью, соответственно кремний в данном веществе проявляет отрицательную степень окисления. Следовательно, при взаимодействии силицида магния с соляной кислотой выделяется соединение кремния с водородом, а именно SiH₄ – силан (D). В реакции с перманганатом кремний переходит в высшую степень окисления (+4), в результате образуется коллоидный раствор, состоящий из частиц вида SiO₂·nH₂O, которую обычно называют кремниевой кислотой – H₂SiO₃ (E). В реакции ее с HF образуется кислота H₂SiF₆. Разлагается же она на два фторида – водорода и кремния, последний и является веществом G. Дальнейшее решение можно начать с расшифровки газа Y. Логично предположить, что схожим по свойствам является другой галогенид кремния. Тогда желто-зеленый газ – хлор, т.е. Y – Cl₂. Тогда H – SiCl₄. Продукты гидролиза в таком случае является H₂SiO₃ и HCl.

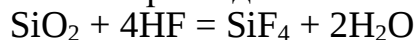
X	A	B	C	D	E	F	G	H	Y
Si	Si	SiO ₂	Mg ₂ Si	SiH ₄	H ₂ SiO ₃	H ₂ SiF ₆	SiF ₄	SiCl ₄	Cl ₂

Уравнения реакций:

- 1) $\text{Si} + 2\text{O}_2 = \text{SiO}_2$
- (2) $2\text{Mg} + \text{Si} = \text{Mg}_2\text{Si}$
- (3) $\text{Mg}_2\text{Si} + 4\text{HCl} = \text{SiH}_4 + 2\text{MgCl}_2$
- (4) $3\text{SiH}_4 + 8\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} = 8\text{MnO}_2 + 3\text{H}_2\text{SiO}_3 + 8\text{KOH}$
- (5) $\text{H}_2\text{SiO}_3 + 6\text{HF} = \text{H}_2\text{SiF}_6 + 3\text{H}_2\text{O}$
- (6) $\text{H}_2\text{SiF}_6 = 2\text{HF} + \text{SiF}_4$
- (7) $\text{SiO}_2 + 2\text{C} + 2\text{Cl}_2 = \text{SiCl}_4 + 2\text{CO}$
- (8) $\text{SiF}_4 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SiO}_3 + 4\text{HF}$

2. SiO₂ является хорошим сорбентом, а потому часто применяется в качестве неподвижной фазы в различных методах хроматографии (колоночная, тонкослойная). Кроме того, песок применяется, например, в песчаных банях, позволяя равномерно нагревать поверхность колбы.

3. Фтороводородная кислота может разъедать стекло с образованием F или G.



Разбалловка:

- 1) Вещества X, A: $2 \cdot 0,5 = 16$
Вещества B – H, Y: $8 \cdot 1 = 86$
Уравнения реакций 1,2: $2 \cdot 1 = 26$
Уравнения реакций 3-8: $6 \cdot 2 = 126$

- 2) Любое разумное лабораторное применение: 16
 3) Объяснение процессов при хранении плавиковой кислоты: 16

Сумма: 25 баллов

Задача 9-3. «Поехали!».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Установим формулы веществ. Описание вещества **С** позволяет установить, что речь идет об азоте – главном компоненте земной атмосферы. Вещество **Е** точно так же удастся распознать по описанию – это вода. Аналогично и вещество **Д** – углекислый газ, которым газифицируют напитки.

Попробуем установить вещество **В**. Известно, что оно бинарное и содержит кислород. Поэтому можно предположить, что это оксид, а затем с использованием массовой доли кислорода в составе соединения установить состав вещества.

Формула	X ₂ O	XO	X ₂ O ₃	XO ₂	X ₂ O ₅	XO ₃	X ₂ O ₇	XO ₄
M(оксид), г/моль	23	23	69	46	115	69	161	92
M(X), г/моль	3,5	7	10,5	14	35	21	24,5	28
Элемент	-	Li	B	N	Cl	-	Mg	Si

Проанализируем результат. Литий, магний и кремний не образуют оксиды такого состава, а оксид бора не обладает окислительными свойствами. Для хлора неизвестен оксид такого состава, хотя известно перекисное соединение такого состава. Таким образом, остается только азот и его оксид NO₂. Однако стоит заметить, что в условии о веществе **В** сказано, что оно является жидкостью, а NO₂ газ. Значит, **В** – это димер оксида азота N₂O₄, который является жидкостью.

Установим теперь формулу вещества **А**. Нам известны массовые доли компонентов, поэтому по определению массовой доли мы можем установить формулу вещества:

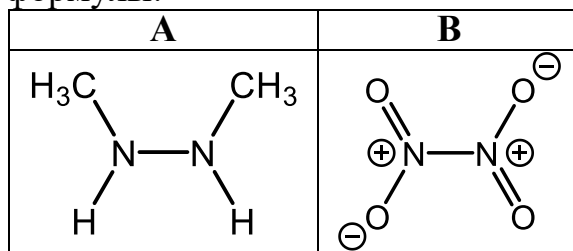
$$\begin{aligned}
 & \text{C} : \text{N} : \text{H} \\
 & w(\text{C})/M(\text{C}) : w(\text{N})/M(\text{N}) : w(\text{H})/M(\text{H}) \\
 & 39,97/12 : 46,61/14 : 13,42/1 \\
 & 3,33 : 3,33 : 13,42 \mid : 3,33 \\
 & 1 : 1 : 4
 \end{aligned}$$

Если вещество имеет формулу CNH₄, то не получится изобразить его структурную формулу симметрично (указание во втором вопросе), т.е. представить как две одинаковые части. Поэтому формулу нужно домножить на два. Таким образом, вещество **А** имеет формулу C₂N₂H₈.

Таким образом, вещества:

А	В	С	Д	Е
C ₂ N ₂ H ₈	N ₂ O ₄	N ₂	CO ₂	H ₂ O

2. Структурные формулы:



3. Вычислим теплоту сгорания вещества А. Перед этим вспомним, что теплота сгорания вещества рассчитывается на 1 моль сгораемого вещества!

При сгорании 1 г вещества А выделилось:

$$Q = C(\text{калориметра}) \cdot \Delta T = 2,04 \cdot 14,76 = 30,11 \text{ кДж теплоты.}$$

Найдем теплоту сгорания 1 моль А, если известна теплота сгорания 1 г:

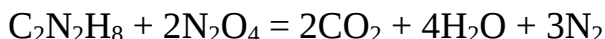
$$n(\text{C}_2\text{N}_2\text{H}_8) = m(\text{C}_2\text{N}_2\text{H}_8) / M(\text{C}_2\text{N}_2\text{H}_8) = 1 / 60 = 0,0167 \text{ моль}$$

Составим пропорцию:

$$\frac{1 \text{ моль}}{0,0167 \text{ моль}} = \frac{x \text{ кДж}}{30,11 \text{ кДж}}$$

$$x = 1806,6 \text{ кДж} = Q_c^\circ(\text{C}_2\text{N}_2\text{H}_8)$$

4. Вычислим тепловой эффект сгорания вещества А в N₂O₄. Составим уравнение реакции, если дополнительно в условии указан качественный состав продуктов:



$$\Delta_r Q^\circ = 3\Delta_f Q^\circ(\text{N}_2) + 4\Delta_f Q^\circ(\text{H}_2\text{O}) + 2\Delta_f Q^\circ(\text{CO}_2) - 2\Delta_f Q^\circ(\text{N}_2\text{O}_4) - \Delta_f Q^\circ(\text{C}_2\text{N}_2\text{H}_8) =$$

$$3 \cdot 0 + 4 \cdot 241,83 + 2 \cdot 393,52 - 2 \cdot (-9,16) - (-47,84) = 1820,52 \text{ кДж/моль}$$

Разбалловка:

- 1) Вещество А: 3б, Вещество В: 3б
Вещества С, D, E: 1*3 = 3б
- 2) Структура А: 2,5б, Структура В: 2,5б
- 3) Найдено количество выделившейся теплоты: 1б,
Найдена теплота сгорания: 3б
- 4) Уравнение реакции: 3б, Вычислен тепловой эффект: 4б

Сумма: 25 баллов

Задача 9-4. «На помощь!». Рекомендации к решению и оценке:

1. Чтобы помочь Феде решить задачу, можно составить тренировочную табличку с указанием ожидаемых признаков реакций. Например, черный осадок из приведенных веществ может давать только сульфид серебра, значит, в пробирке под номером 3 или 4 может быть нитрат серебра или сульфид калия, или наоборот. Проверить это можно по другим признакам, например, по белому осадку, который может быть или хлоридом серебра, или гидроксидом алюминия. Следовательно, если в одном столбике оказался черный осадок сульфида серебра и белый осадок, то под этим номером скрывается нитрат серебра.

Аналогичным образом рассуждая устанавливаются остальные вещества:

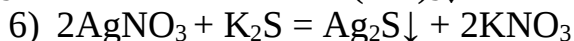
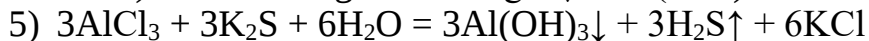
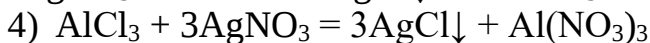
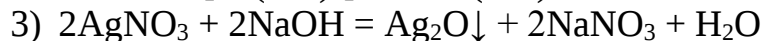
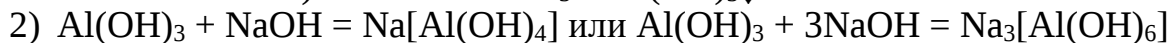
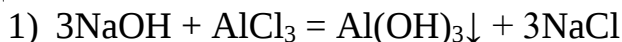
	NaOH	AlCl ₃	AgNO ₃	K ₂ S
NaOH		белый ↓, растворим в избытке	коричневый ↓	признаков нет
AlCl ₃	белый ↓, растворим в избытке		белый ↓	белый осадок и газ
AgNO ₃	коричневый ↓	белый ↓		черный ↓
K ₂ S	признаков нет	белый осадок и газ	черный ↓	

Таким образом, вещества:

1	2	3	4
---	---	---	---

NaOH	AlCl ₃	AgNO ₃	K ₂ S
------	-------------------	-------------------	------------------

2. Уравнения реакций:



3. Чтобы подобрать вещество, которое позволит однозначно идентифицировать все остальные, нужно подумать о признаках реакций, которые стоит ожидать от каждого из веществ в списке. Обнаружить хлорид алюминия можно по реакциям на катион алюминия, т.к. реакция с хлоридом уже использована в условии. Нитрат серебра аналогично открывается по обнаружению катиона серебра. Сульфид калия легко обнаружить по выделению сероводорода в реакциях с более сильными кислотами, т.к. осаждение сульфидов уже не получится использовать – реакция использована в условии. Искать катионы щелочных металлов (натрий и калий) довольно сложно, к тому же таким реагентом, чтобы найти и другие ионы. Под описание всех свойств подходит фосфорная кислота – H_3PO_4 . (К проверке принимается любой реагент, который позволит однозначно идентифицировать все исходные вещества.)

Уравнения реакций:

Уравнение реакции	Признак
$3\text{NaOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	Видимых признаков реакции нет
$\text{AlCl}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{AlPO}_4 + 3\text{HCl}$	Белый осадок AlPO_4
$3\text{AgNO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Ag}_3\text{PO}_4 + 3\text{HNO}_3$	Желтый осадок Ag_3PO_4
$3\text{K}_2\text{S} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = 2\text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{S}$	Выделение газа с запахом тухлых яиц (H_2S)

Таким образом, по признакам реакций веществ с фосфорной кислотой можно обнаружить все вещества из списка.

Разбалловка:

1) За каждое вещество: $1,5 \cdot 4 = 66$

2) Уравнения реакций: $1,5 \cdot 6 = 96$

2) Предложен реагент: 26

Уравнения реакций с признаками: $2 \cdot 4 = 86$ (Если уравнения реакций без признаков: $1 \cdot 4 = 46$)

Сумма: 25 баллов

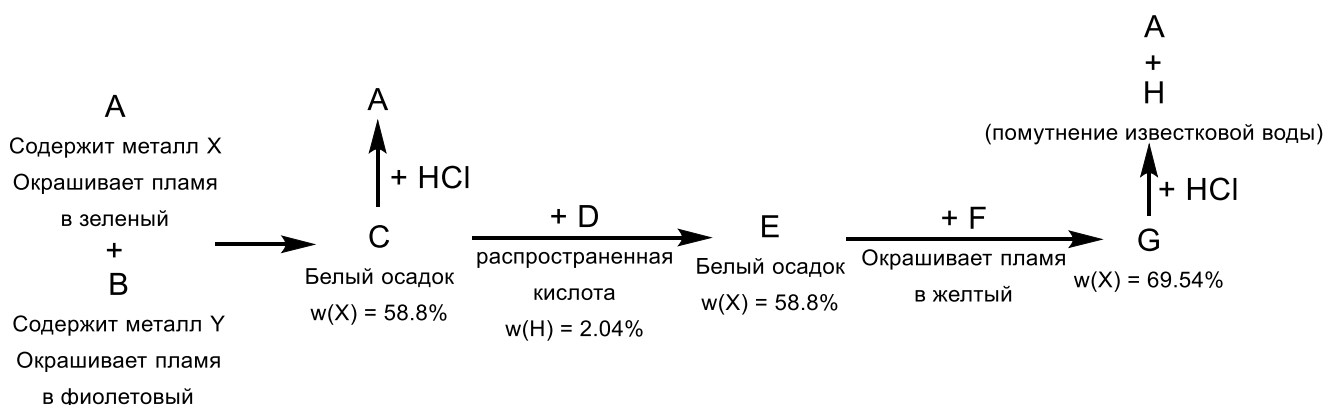
Максимальное число баллов за задачи 9 класса – 100 баллов

ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

Задача 10-1. «В осадок».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Для решения задачи удобно воспользоваться составлением схемы превращений веществ с указанием информации о веществах:



Из такой схемы можно определить несколько веществ:

Вещество **A** окрашивает пламя в зеленый цвет и является хлоридом, т.к. все время получается при действии соляной кислоты. В зеленый цвет окрашивает пламя барий и медь, судя по большому количеству белых осадков, речь в задаче идет о барии. Таким образом, вещество **A** – BaCl_2 , металл **X** – Ba.

Металл **Y** в составе вещества **B** окрашивает пламя в фиолетовый, значит, металл **Y** – это K.

К распространенным кислотам можно отнести серную, соляную, азотную и фосфорную кислоту. Проверка массовых долей водорода в составе кислот позволяет установить, что речь о серной кислоте: **D** – H_2SO_4 , тогда белый осадок **E** – BaSO_4 , в чем позволяет убедиться проверка массовой доли бария.

Газ **H**, вызывающий помутнение известковой воды, – это CO_2 . Тогда вещество **G** – это карбонат.

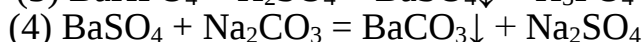
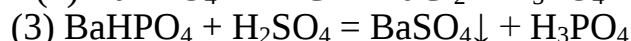
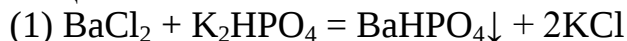
Вещество **F** окрашивает пламя в желтый цвет, следовательно, содержит натрий. Если **G** является карбонатом, т.к. выделяет углекислый газ при действии соляной кислоты, то разумно предположить, что **F** – это Na_2CO_3 .

Таким образом, остается неустановленным только вещество **C**. О нем известно: получается при взаимодействии 1:1 BaCl_2 с какой-то солью калия, значит, в составе этой соли двухзарядный анион. Получается белый осадок, который способен растворяться в кислотах. Значит, этот двухзарядный анион – остаток кислоты средней силы или слабой. Можно заметить, что массовая доля бария в составе **C** такая же, как и в составе **E**. Значит, двухзарядный анион в составе **C** имеет такую молярную массу, как и в составе **E**, т.к. **C** содержит 1 барий и 1 анион. Под описание двухзарядного аниона кислоты средней силы с молярной массой 96 г/моль подходит HPO_4^- .

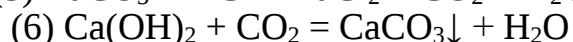
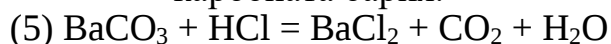
Таким образом, вещества:

X	Y	A	B	C	D	E	F	G	H
Ba	K	BaCl_2	K_2HPO_4	BaHPO_4	H_2SO_4	BaSO_4	Na_2CO_3	BaCO_3	CO_2

2. Уравнения реакций:



Движущей силой реакции (4) является образование еще менее растворимого карбоната бария.



Разбалловка:

1) Вещества X, Y, A, C, D, E, G, H: $1 \cdot 8 = 86$

Вещества B и F: $2,5 \cdot 2 = 56$

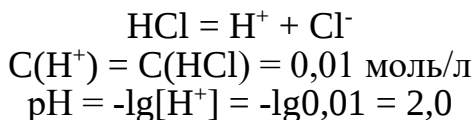
2) Уравнения реакций: $6 \cdot 2 = 126$

Сумма: 25 баллов

Задача 10-2. «Аспирин»

Рекомендации к решению:

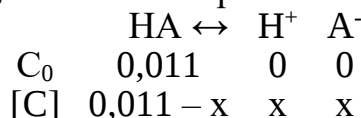
1. Вычислим pH в желудке. Соляная кислота нацело диссоциирует, т.к. является сильной кислотой, поэтому концентрация H^+ равна концентрации кислоты:



2. Вычислим pH аспирина. Для этого нужно вычислить молярную концентрацию вещества (моль/л):

$$C = \frac{n(\text{аспирин})}{V} = \frac{m(\text{аспирин})}{M(\text{аспирин}) \cdot V} = \frac{0,5 \text{ г}}{180 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 0,25 \text{ л}} = 0,011 \text{ моль/л}$$

Ацетилсалициловая кислота слабая, поэтому для вычисления pH нужно воспользоваться константой, чтобы найти равновесную концентрацию ионов H^+ :



Запишем для этого процесса константу:

$$K = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{x \cdot x}{0,011 - x} = \frac{x^2}{0,011 - x} = 3,02 \cdot 10^{-4}$$

Решая уравнение любым известным способом получаем:

$$x = 0,00167 \text{ моль/л} = [H^+].$$

Таким образом, $pH = -\lg[H^+] = -\lg 0,00167 = 2,78$ – pH раствора аспирина.

3. Чтобы найти концентрации форм HA и A^- в крови и в желудке воспользуемся константой и учтем влияние pH желудка и крови на процесс диссоциации аспирина. Важно учесть, что концентрацию аспирина ни в желудке, ни в крови мы не знаем, поэтому найти концентрацию отдельно каждой формы не получится. Но т.к. требуется найти отношение форм в крови и в желудке, то достаточно найти их суммарное содержание.

В желудке:

$$\begin{aligned} K &= \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \Rightarrow \frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{K}{[H^+]} \Rightarrow \frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{0,000302}{0,01} = 0,0302 \\ \frac{[A^-]}{[HA]} &= 0,0302 \mid * [HA] \\ [A^-] + [HA] &= 1,0302[HA] \end{aligned}$$

В крови: найдем концентрацию ионов H^+ в крови:

$$\begin{aligned} [H^+] &= 10^{-pH} = 10^{-7,40} = 3,98 \cdot 10^{-8} \\ K &= \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \Rightarrow \frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{K}{[H^+]} \Rightarrow \frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{0,000302}{3,98 \cdot 10^{-8}} = 7588 \\ \frac{[A^-]}{[HA]} &= 7588 \mid * [HA] \\ [A^-] + [HA] &= 7589[HA] \end{aligned}$$

Таким образом, отношение концентраций всех форм аспирина в желудке и в крови:

$$\frac{\text{Аспирин(кровь)}}{\text{Аспирин(желудок)}} = \frac{7589[HA]}{1,0302[HA]} = 7367$$

Действительно, концентрация всех форм аспирина в крови выше, т.к. рН крови больше, чем рН желудка, поэтому по принципу Ле-Шателье молекулы ацетилсалициловой кислоты стремятся оказаться в более щелочной среде, т.к. их диссоциация в кислой среде подавлена избытком H^+ .

Разбалловка:

- 1) рН желудка: 3б
- 2) Вычислена молярная концентрация аспирина: 2б
Вычислен рН аспирина: 5б
- 3) Любым способом вычислена концентрация всех форм аспирина в крови: 6б
Любым способом вычислена концентрация всех форм аспирина в желудке: 6б
Любым способом найдено отношений концентраций аспирина в крови и в желудке: 3б

Сумма: 25 баллов

Задача 10-3. «Алкилирование».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Для установления структуры вещества А сначала необходимо установить формулу вещества. Известно, что в реакции алкилирования образуются углеводороды. Таким образом, зная массовую долю углерода, можно найти массовую долю водорода, а затем установить, в каком соотношении находятся элементы в составе вещества с использованием определения массовой доли.

$$w(H) = 100 - w(C) = 100 - 89,94 = 10,06\%$$

C : H

$$w(C)/M(C) : w(H)/M(H)$$

$$89,94/12 : 10,06/1$$

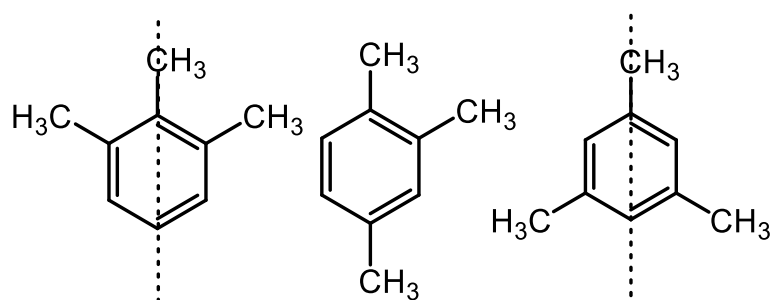
$$7,495 : 10,06 \mid : 7,495$$

$$1 : 1,33 (4/3) \mid *3$$

$$3 : 4$$

Вещество состава C_3H_4 не удовлетворяет условию, т.к. в исходном веществе (бензол) 6 атомов углерода, а при алкилировании количество атомов углерода должно увеличиться. Таким образом, элементарную формулу вещества нужно умножить на 3, т.к. в этом случае мы получим число атомов углерода больше 6, что соответствует смыслу реакции алкилирования. Конечная формула вещества А C_9H_{12} .

Теперь установим структуру вещества А. В условии дополнительно сказано, что молекула является несимметричной. Изобразим возможные изомеры алкилирования и выберем нужный, при этом учтем, что алкилирование осуществляется метилхлоридом, поэтому в продуктах будут метилпроизводные.



Из приведенных структур видно, что условию несимметричности удовлетворяет только молекула 1,2,4 – триметилбензола. Таким образом, вещество **A** – 1,2,4-триметилбензол.

2. Начнем с установления веществ в продуктах сгорания. Описание веществ позволяет однозначно установить, что вещество **B** – это CO_2 , вещество **C** – HCl , а вещество **D** – Cl_2 .

Судя по продуктам сгорания, в составе вещества есть углерод, водород, хлор (его, видимо, много) и, возможно, кислород – на его наличие нужно сделать проверку по ходу решения. Общая схема сгорания с коэффициентами в продуктах выглядит как:



Главным образом нас интересуют коэффициенты в продуктах, чтобы можно было установить, в каких мольных соотношениях находятся продукты сгорания и исходное вещество, поэтому коэффициент перед кислородом можно не считать.

Найдем количества веществ в продуктах сгорания и выполним проверку на наличие кислорода:

$$n(\text{CO}_2) = m(\text{CO}_2)/M(\text{CO}_2) = 4,40/44 = 0,1 \text{ моль} = n(\text{C})$$

$$n(\text{HCl}) = m(\text{HCl})/M(\text{HCl}) = 3,65 / 36,5 = 0,1 \text{ моль} = n(\text{H}) \text{ – по уравнению реакции}$$

$$n(\text{Cl}_2) = m(\text{Cl}_2)/M(\text{Cl}_2) = 7,09 / 71 = 0,1 \text{ моль}$$

Количество атомов хлора при этом по уравнению реакции:

$$n(\text{Cl}) = 2 \cdot n(\text{Cl}_2) + n(\text{HCl}) = 2 \cdot 0,1 + 0,1 = 0,3 \text{ моль}$$

Теперь сделаем проверку на наличие кислорода. Если кислород есть, то сумма масс элементов в составе вещества будет меньше массы сожженной навески.

$$m(\text{C, H, Cl}) = n(\text{C}) \cdot M(\text{C}) + n(\text{H}) \cdot M(\text{H}) + n(\text{Cl}) \cdot M(\text{Cl}) = 0,1 \cdot 12 + 0,1 \cdot 1 + 0,3 \cdot 35,5 = 11,95 \text{ г} = m(\text{сожженной навески})$$

Таким образом, в составе вещества нет кислорода, значит, можно вычислить конечную формулу:

$$\begin{array}{l} \text{C} : \text{H} : \text{Cl} \\ n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{Cl}) \\ 0,1 : 0,1 : 0,3 \quad | : 0,1 \\ 1 : 1 : 3 \end{array}$$

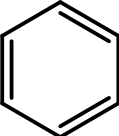
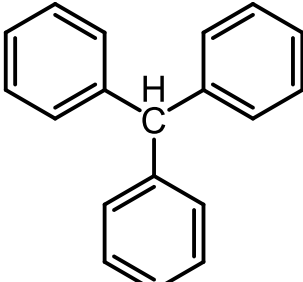
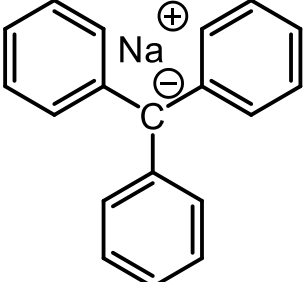
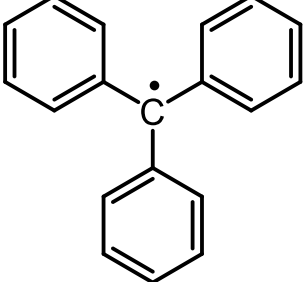
CHCl_3 – хлороформ

Таким образом, вещества:

X	B	C	D
CHCl_3	CO_2	HCl	Cl_2

3. Зашифрованные вещества:

Вещество	Комментарий
1: CH_4	Гидролизующиеся карбиды могут быть метанидами (выделять метан) или ацетиленидами (выделять ацетилен). Проверка массовой доли углерода в

	продукте гидролиза позволяет убедиться, что карбид бериллия является метанидом, значит, при гидролизе выделяется метан.
2: CH_3Cl	Хлорирование метана на свету приводит к образованию метилхлорида, если в условии не сказано иного или не указана массовая доля какого-то из элементов.
3: $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$	Вещество «3» - продукт реакции Вюрца.
4: $\text{HC}\equiv\text{CH}$	Вещество «4» должно вступать в реакцию циклотримеризации (реакция Зелинского), значит, вещество «4» - ацетилен
5: 	Пропускание ацетилена через активированный уголь при нагревании – реакция циклотримеризации, получение бензола
6: 	Использование в качестве алкилирующего агента хлороформа позволяет провести трехкратное замещением одним эквивалентом, т.е. заместить все 3 атома хлора на фенилы. Использование массовой доли для установления формулы или проверки позволяет убедиться в составе вещества.
7: 	В условии и в цепочке превращений есть указание на выделение водорода при взаимодействии вещества «6» с натрием. Действительно, отщепить водород можно только от центрального фрагмента CH (остаток хлороформа), кислотность которого повышена из-за наличия трех фенилов.
8: 	Вещество «8» представляет собой радикал (указание в условии), следовательно, окислению подвергся углерод с минусом и превратился в радикал.

Разбалловка:

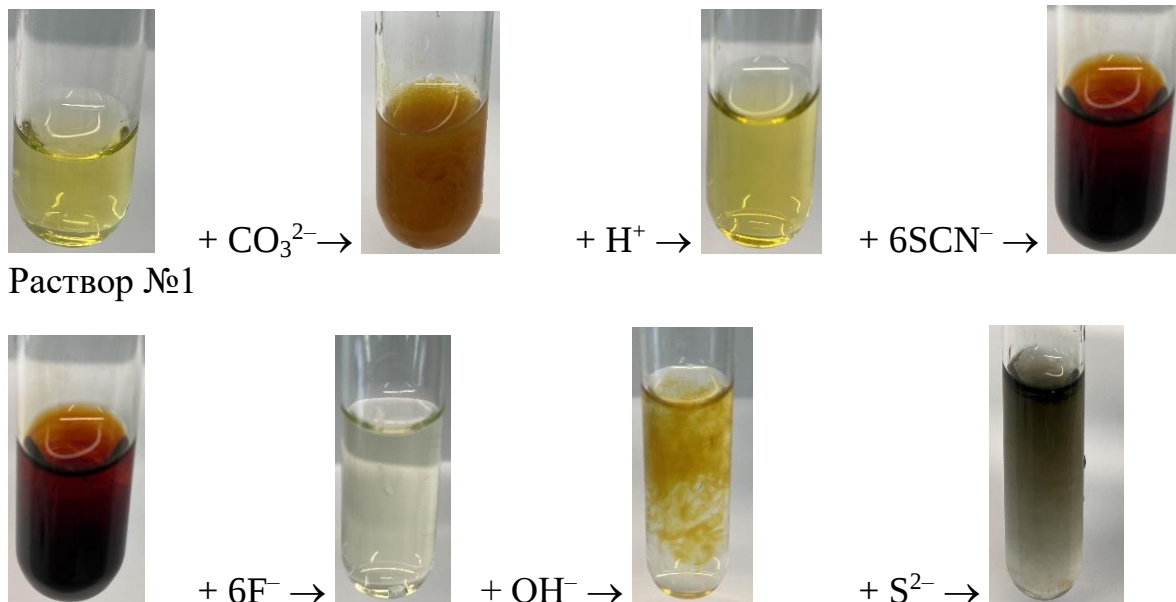
- 1) Вычислена массовая доля водорода: 1б
Установлена элементарная формула: 2б
Установлена реальная формула: 1б
Приведена структура вещества: 1б
- 2) Вещества В, С, D: $3 \cdot 1 = 3б$
Найдены количества веществ: $3 \cdot 1 = 3б$
Сделана проверка на наличие кислорода: 2б
Установлена конечная формула: 1б
- 3) Вещества 1 - 5: $5 \cdot 1 = 5б$
Вещества 6 - 8: $3 \cdot 2 = 6б$

Сумма: 25 баллов

Задача 10-4. «Все превращения в одной пробирке».

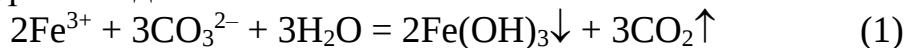
Рекомендации к решению и оценке:

1. Провели эксперимент.

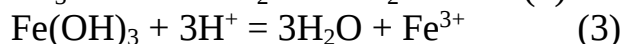
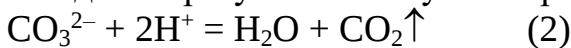


2. Приведем результаты выполнения эксперимента и уравнения реакций.

1. При добавлении к соли железа (III) раствора №2 выделяется бц газ и выпадает бурый осадок.



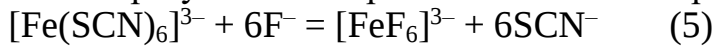
2. Далее к полученной смеси добавляли раствор кислоты, в результате связывались непрореагировавшие карбонат-ионы выделялся бесцветный газ без запаха и растворялся осадок. В результате получился раствор такой же окраски, как раствор №1.



3. После добавления раствора №4 содержимое пробирки окрасилось в темно-красный цвет, т.к. в растворе содержались роданид-ионы.



4. Далее к полученной смеси добавляли раствор, содержащий фторид ионы, раствор обесцвечивался в результате образования более прочного фторидного комплекса.



5. Последующее добавление раствора №6 привело к выпадению кирпично-красного осадка, как в опыте 1. Так как раствор №6 это щелочь, она разрушает комплексный ион и приводит к выпадению осадка.



6. Далее к раствору добавляли 2 капли 2М раствора сульфида натрия, происходило восстановление трехвалентного железа в двухвалентное, а так же переход железа из одной осажденной формы (гидроксид $\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow$) в другую, более нерастворимую (сульфид). Растворялся бурый осадок и образовывался черный.



3. В пробирках содержались растворы следующих веществ: №1 – растворимая соль Fe^{3+} , FeCl_3 , окраску раствора определял гидратированный ион железа (III) $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$.

В первой реакции осадок состоял из $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (гидроксид железа (III)). Выделялся бесцветный газ $\text{CO}_2\uparrow$ (оксид углерода (IV)).

Во второй реакции цвет полученного раствора обусловлен гидратированный ион железа (III) $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$. (Ответ растворимыми соединениями железа (III), можно засчитывать как правильный).

В третьей реакции окраска раствора обусловлена образованием $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$ (гексароданоферрат (III) аниона).

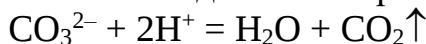
В четвертой реакции исчезновение окраски раствора обусловлено образованием более устойчивого комплексного аниона $[\text{FeF}_6]^{3-}$ (гексафтороферрат (III) аниона).

В пятой реакции осадок состоял из $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (гидроксид железа (III)).

В шестой реакции происходило восстановление трехвалентного железа в двухвалентное, а так же переход железа из одной осажденной формы (гидроксид $\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow$) в другую, более стойкую (сульфид железа (II) FeS).

4. Дайте аргументированный ответ на вопрос, возможно ли из предложенных веществ получить осадок белого цвета, бесцветный газ и раствор желтого цвета? Ответ подтвердите уравнениями реакции.

Можно получить бесцветный газ добавив к раствору карбоната натрия раствор кислоты.



Разбалловка:

Указаны изменения происходящие в каждом опыте:

В первом $2 \cdot 0,5 = 1\text{б}$, во втором $2 \cdot 0,5 = 1\text{б}$, в третьем $1 \cdot 0,5 = 0,5\text{б}$

В четвертом $1 \cdot 0,5 = 0,5\text{б}$, в пятом $1 \cdot 0,5 = 0,5\text{б}$, в шестом $2 \cdot 0,5 = 1\text{б}$

всего 4,5 балла

Определены вещества, которые обуславливают аналитические эффекты реакций:

Указаны формулы и названия, за каждую формулу и название по 0,5 балла,

всего $12 \cdot 0,5 = 6$ баллов

Составлены уравнения реакций:

Уравнения реакций 2, 3: $2 \cdot 1 = 2\text{б}$

Уравнения реакций 1, 4 – 7: $5 \cdot 2 = 10\text{б}$

всего 12 баллов

Дан аргументированный ответ на вопрос №4

всего 2,5 балла

Сумма: 25 баллов

Максимальное число баллов за задачи 10 класса – 100 баллов

ОДИННАДЦАТЫЙ КЛАСС

Задача 11-1. «Открытие».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Установим формулу вещества X. Для начала распознаем вещества A и B. Описание вещества B (простое вещество, окрашивающее пламя в желтый цвет) позволяет однозначно установить, что речь идет о натрии.

Вещество А – гелий, т.к. представляет собой простое вещество с молекулярной массой 4 г/моль.

Таким образом, речь в задаче идет о первом синтезированном соединении гелия!

Вычислим формулу вещества X. Вещество X явно бинарное, значит, можно найти содержание гелия в составе:

$$w(\text{He}) = 100 - w(\text{Na}) = 100 - 91,99 = 8,01\%$$

Установим, в каком соотношении находятся элементы в составе вещества с использованием определения массовой доли.

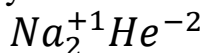
$$\begin{aligned} &\text{Na} : \text{He} \\ &w(\text{Na})/M(\text{Na}) : w(\text{He})/M(\text{He}) \\ &91,99/23 : 8,01/4 \\ &4 : 2 \end{aligned}$$

Вещество состава Na_4He_2 имеет молярную массу 100 г/моль, что больше указанных в условии 70 г/моль. Поэтому формулу следует поделить на 2, чтобы получить истинную формулу вещества. Таким образом, вещество X – Na_2He .

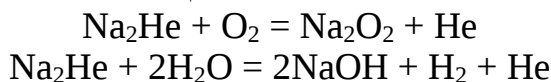
X	A	B
Na_2He	He	Na

2. Назвать вещество Na_2He можно по аналогии с другими бинарными соединениями, например, оксидами, хлоридами и т.д., в названии которых суффикс «-ид» означает низшую степень окисления более электроотрицательного элемента, т.е. название вещества X – *гелид натрия*.

3. Определить формальные степени окисления в составе вещества X довольно легко. Воспользуемся стандартным алгоритмом: запишем степени окисления тех элементов, у которых они постоянны, а затем определим степени окисления оставшихся элементов так, чтобы сумма степеней окисления с учетом индексов в формуле была равно нулю.



4. Для того, чтобы написать уравнения реакций взаимодействия вещества X с кислородом и водой совершенно не нужно знать химии гелия или других благородных газов. Достаточно заметить, что вещество X неустойчиво и разлагается обратно на простые вещества, которые как раз и будут вступать во взаимодействие с указанными веществами.



5. С использованием определения периода полураспада нетрудно ответить на первый вопрос. В пункте «а» как раз пройдет время, равное периоду полураспада, т.е. разложится половина вещества, значит останется вторая половина, т.е. $0,08 \cdot 0,5 = 0,04$ г вещества X.

В пункте «б» речь идет об очень маленьком промежутке времени, которое много меньше периода полураспада вещества. Значит, за это время вещество не успеет заметно разложиться, поэтому с большой точностью можно сказать, что останется то же самое количество вещества, т.е. 0,08 г.

В пункте «в» нетрудно заметить два периода полураспада, т.е. сначала разложится половина вещества, а затем половина от оставшейся половины, т.е. после первого периода полураспада останется 0,04 г вещества, половина

которого разложится за второй период полураспада, т.е. 0,02 г вещества разложится и столько же останется.

Для ответа на пункт «г» необходимо заметить некоторую закономерность. Время в последнем пункте соответствует $72,45/16,10 = 4,5$ периодам полураспада. Оставшуюся массу вещества (m) после распада в предыдущих случаях мы находили так: массу вещества (m_0) делили на 2 в степени, равной числу полураспадов (t – прошедшее время, τ – период полураспада). Таким образом, оставшаяся масса:

$$m = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{\tau}}} = \frac{0,08}{2^{4,5}} = 0,0035 \text{ г}$$

В последнем пункте «д» время наблюдения много больше времени полураспада вещества. Таким образом, за указанное время все вещество полностью разложится, поэтому останется 0 г вещества.

Разбалловка:

- 1) Вещества А и В: $2 \cdot 1 = 26$, Вещество Х: 36, Удвоенное вещество Х: 26
- 2) Название вещества Х: 16
- 3) Степени окисления: $2 \cdot 1 = 26$
- 4) Уравнения реакций: $2 \cdot 2 = 46$
- 5) Масса вещества в пункте «а»: 16, Масса вещества в пункте «б»: 26
Масса вещества в пункте «в»: 36, Масса вещества в пункте «г»: 46
Масса вещества в пункте «д»: 16

Сумма: 25 баллов

Задача 11-2. «Клэр Хундикер».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Начнем с рассмотрения первой стадии механизма. На первом этапе при действии молекулярного брома на серебряную соль карбоновой кислоты образуется бромид серебра, т.е. из соли уходит Ag^+ , к которому «в пару» нужен Br^- . Если из нейтральной молекулы брома забрали Br^- , значит остался Br^+ , чтобы сохранить нулевой заряд. Таким образом, первая частица « Br^+ ?» представляет собой катион Br^+ .

На второй стадии частица Br^+ взаимодействует с карбоксилат-анионом, при этом последний превращается в карбоксилат-радикал. Анион содержит два электрона, один из которых и передается неустойчивому Br^+ . Таким образом, для реализации закона сохранения число электронов должно быть одинаковым у продуктов и реагентов: 2 электрона в составе минуса у карбоксилат-аниона и по одному электрону у карбоксилат-радикала и бром-радикала $\text{Br}^\bullet$. Вторая частица « $\text{Br}^+?$ » - это бром-радикал $\text{Br}^\bullet$. Это подтверждает и последняя стадия, в которой рекомбинация двух радикалов приводит к образованию нейтральной молекулы.

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

$$\begin{aligned} n(\text{CO}_2) &= V(\text{CO}_2) / V_N = 6,65 / 22,4 = 0,297 \text{ моль} = n(\text{C}) \\ n(\text{H}_2\text{O}) &= m(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{H}_2\text{O}) = \rho \cdot V / M(\text{H}_2\text{O}) = 1 \cdot 3,57 / 18 = 0,198 \text{ моль} \\ n(\text{HBr}) &= m(\text{HBr}) / M(\text{HBr}) = 8,03 / 81 = 0,099 \text{ моль} \\ n(\text{H}) &= n(\text{HBr}) + 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = 0,099 + 2 \cdot 0,198 = 0,495 \text{ моль} \\ n(\text{Br}) &= n(\text{HBr}) = 0,099 \text{ моль} \end{aligned}$$

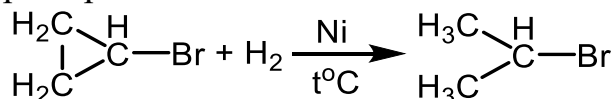
$m(O) = m(X) - m(C) - m(H) - m(Br) = 12 - 0,297 \cdot 12 - 0,495 \cdot 1 - 0,099 \cdot 80 \approx 0$
 Таким образом, в молекуле нет кислорода. Значит, вещество имеет формулу:

$$\begin{aligned} &C : H : Br \\ &0,297 : 0,495 : 0,099 \quad | : 0,099 \\ &3 : 5 : 1 \\ &C_3H_5Br \end{aligned}$$

3. Вещества на схеме:

1	2	3	4
CH ₄	HC≡CH	HC≡CNa	HC≡C—COOH
5	6	X	

4. Гидрирование вещества X происходит по правилу Марковникова – водород присоединяется к наиболее гидрогенизированным атомам углерода. Продукт реакции 2-бромпропан.



5. Александр Порфирьевич Бородин — русский композитор – автор оперы «Князь Игорь» и множества других музыкальных произведений, общественный деятель (организатор Высших женских врачебных курсов), химик-органик (автор реакции Бородина-Хундликера, метода получения фторангидридов карбоновых кислот, впервые описал альдольно-кетоновую конденсацию), медик.

Разбалловка:

1) Определены типы частиц: $3 \cdot 2 = 66$

2) Найдены количества веществ: $3 \cdot 1 = 36$

Сделана проверка на наличие кислорода: 16

Установлена конечная формула: 16

3) Вещества 1, 2, 3, 5: $4 \cdot 1 = 46$

Вещества 4, 6, X: $3 \cdot 2 = 66$

4) Продукт гидрирования: 26

Уравнение реакции гидрирования: 16

5) Любое достижение А.П. Бородина: 16

Сумма: 25 баллов

Задача 11-3. «Хамелеон минеральный».

Рекомендации к решению и оценке:

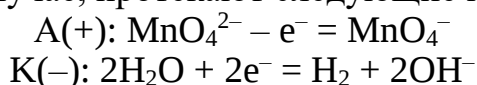
1. Решение задачи логично начать с вычисления молекулярной формулы А на основании массовых долей. Из условия нам дана массовая доля элемента-металла X и указание на то, что А – оксид, тогда: $(O) = 100 - w(X) = 100 - 63,19 = 36,81\%$.

Формула	XO _{0,5}	XO	XO _{1,5}	XO ₂	XO _{2,5}	XO ₃	XO _{3,5}	XO ₄
M(B)	22	44	65	87	109	131	152	174
M(X)	14	28	41	55	69	83	96	110
X	N	Si	Ca	Mn	Ga	Kr	Mo	Ag-Cd

Из представленной таблицы видно, что единственный подходящий по условию элемент-металл – марганец. Тогда **A** – MnO_2 , **X** – Mn . Его окислительная способность была использована Шееле для получения желто-зеленого газа хлора (**Y** – Cl_2) из хлороводородной кислоты (**C** – HCl).

Эти же окислительные свойства он проявляет при прокаливании: в данном случае происходит внутримолекулярное окисление с образованием молекулярного кислорода и оксида марганца (III) (**D** – Mn_2O_3). После чего в ходе процесса алюмотермии образуется металлический марганец.

При введении MnO_2 в реакцию с хлором в растворе гидроксида калия образуется манганат калия (**E** – K_2MnO_4), в котором марганец проявляет степень окисления +6. Дальнейшее его доокисление хлором приводит к перманганату калия – KMnO_4 (**B**), подсказкой к которому является цвет вещества. Также перманганат образуется при электролизе концентрированного раствора перманганата. В таком случае, протекают следующие процессы:



Сам же перманганат является настолько сильным окислителем, что может окислять кислород из воды (**Z** – O_2).

Для написания уравнения последней реакции необходимо для начала вывести формулу органического вещества **F**. Для этого найдем количества веществ:

$$\begin{aligned} n(\text{CO}_2) &= \frac{0,2016}{22,4} = 0,009 \text{ моль} \\ n(\text{K}_2\text{CO}_3) &= \frac{m(\text{K}_2\text{CO}_3)}{M(\text{K}_2\text{CO}_3)} = \frac{4,37}{138} = 0,0317 \text{ моль} \\ n(\text{H}_2\text{O}) &= \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,97}{18} = 0,0539 \text{ моль} \end{aligned}$$

Сделаем проверку на наличие кислорода:

$$m(\text{O}) = 0,99 \times 1,26 - 12 \times (0,009 + 0,0317) - 0,0539 = 0,6952, \text{ тогда:}$$

$$n(\text{O}) = \frac{0,6952}{16} = 0,0435 \text{ моль}$$

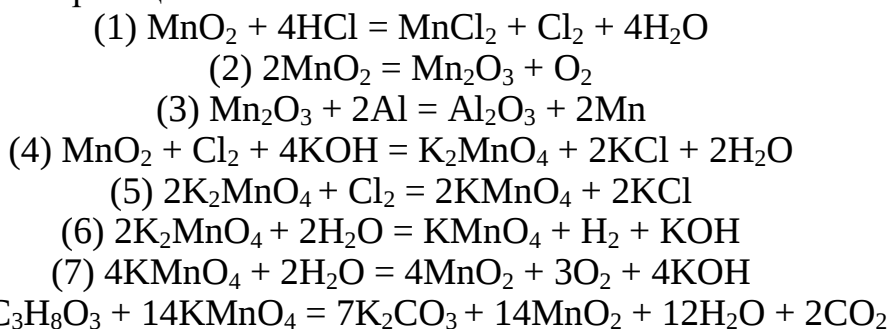
$$N(\text{C}):N(\text{H}):N(\text{O}) = 0,0407:0,1078:0,0435 = 1:2,64:1,07 \approx 3:8:3$$

F – $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ – глицерин.

2. Таким образом, вещества:

X	A	B	C	D	E	F	Y	Z
Mn	MnO_2	KMnO_4	HCl	Mn_2O_3	K_2MnO_4	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	Cl_2	O_2

3. Уравнения реакций:



4. Тривиальное название вещества **A** – пиролюзит.

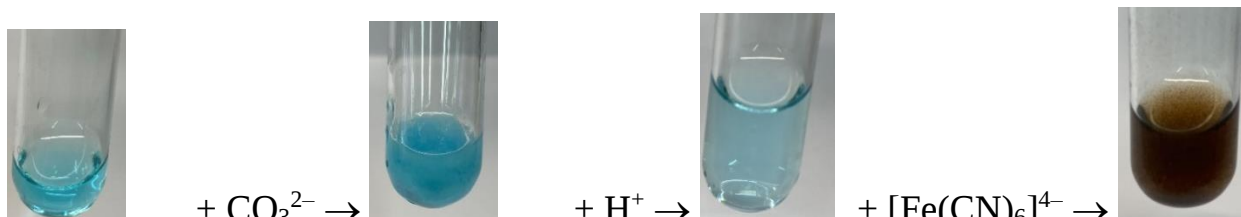
Разбалловка:

- 1) Вещества А, В, F: $3 \cdot 2 = 66$, Вещества X, C, D, E, Y, Z: $1 \cdot 6 = 66$
2) Уравнение реакции 8: 36
Уравнения реакций 6 и 7: $2 \cdot 2 = 46$, Уравнения реакций 1-5: $1 \cdot 5 = 56$
3) Тривиальное название А: 16 Сумма: 25 баллов

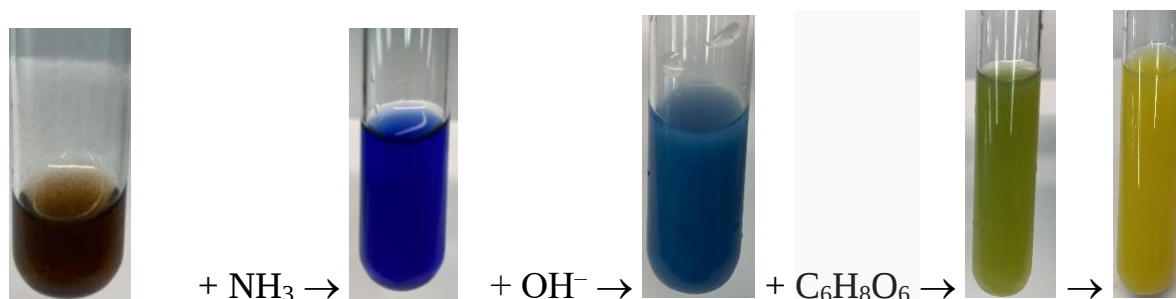
Задача 11-4. «Все превращения в одной пробирке».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Провели эксперимент.



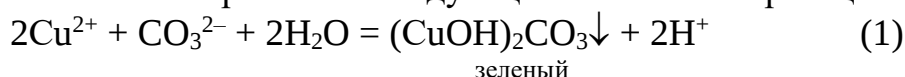
Раствор №1



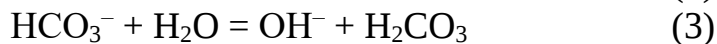
2. Приведем результаты выполнения эксперимента и уравнения реакций.

1. В первой пробирке при взаимодействии раствора сульфата меди (II) с раствором №2 карбоната натрия Na_2CO_3 образовался осадок голубого цвета и выделилось небольшое количество бесцветного газа.

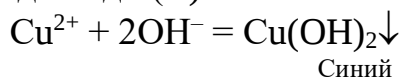
В данной системе протекали следующие химические реакции:



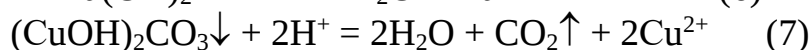
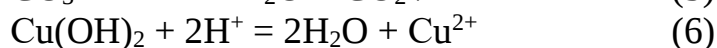
Побочные реакции: Гидролиз карбоната натрия



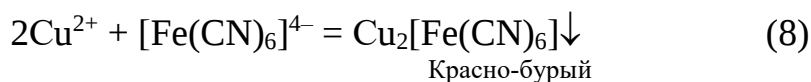
Образование гидроксида меди (II)



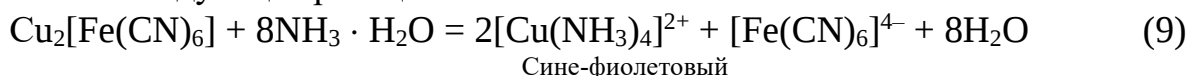
2. Далее к полученной смеси добавляли раствор кислоты, в результате связывались непрореагировавшие карбонат-ионы, выделялся бесцветный газ без запаха и растворялся осадок. В результате получился раствор такой же окраски, как раствор №1.



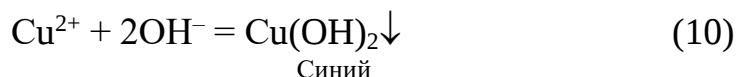
3. При добавлении раствора №4 желтой кровавой соли $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ образуется осадок красно-бурого цвета.



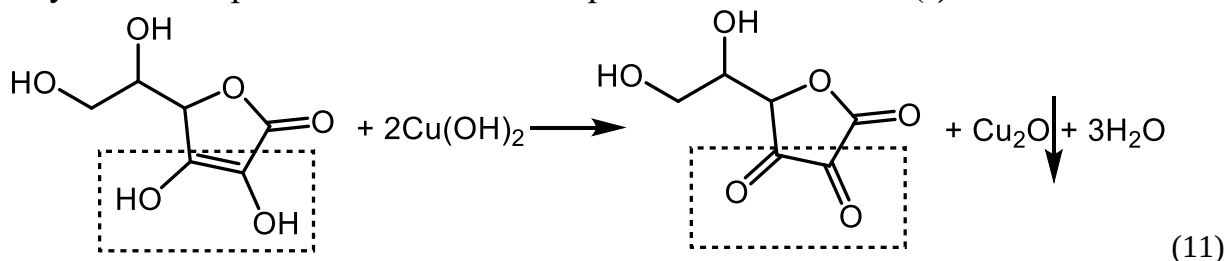
4. Исходя из того, что после добавления раствора №5 осадок растворился и содержимое пробирки окрасилось в темно-фиолетовый цвет, в растворе протекала следующая реакция:



5. Добавим в пробирку избыток раствора гидроксида натрия, образуется осадок



6. Далее к смеси добавляли раствор аскорбиновой кислоты, происходило восстановление двухвалентной меди до одновалентной, а также окисление аскорбиновой кислоты. Осадок сначала меняет окраску на зеленую, затем на желтую из-за образования мелкодисперсного оксида меди (I).



3. В первой реакции осадок состоит из смеси $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ (основный карбонат меди (II)) и $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (гидроксид меди (II)).

Во второй реакции цвет полученного раствора обусловлен гидратированным ионом меди $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$. Бесцветный газ $\text{CO}_2 \uparrow$ (оксид углерода (IV)).

В третьей реакции в осадок выпадает $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (гексацианоферрат(II) меди(II)).

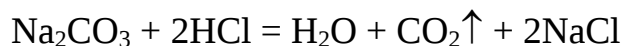
В четвертой реакции окраска раствора обусловлена образованием катиона тетрааминмеди (II) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

В пятой реакции синий осадок $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (гидроксид меди (II)).

В шестой реакции сначала образуется мелкодисперсный Cu_2O (оксид меди (I)) кирпично-красного цвета, в смеси с синим гидроксидом меди (II), образует сначала зеленую окраску. Затем, смесь становится желтой, это связано с увеличением числа частиц оксида меди (I), которые по мере протекания реакции увеличиваются в размерах и приобретают красную окраску.

4. Дайте аргументированный ответ на вопрос, возможно ли из предложенных веществ получить осадок белого цвета, осадок черного цвета и бесцветный газ? Ответ подтвердите уравнениями реакции.

Можно получить только бесцветный газ, добавив к раствору карбоната натрия раствор кислоты.



Разбалловка:

Указаны изменения происходящие в каждом опыте:

В первом $2 \cdot 0,5 = 1\bar{6}$, Во втором $2 \cdot 0,5 = 1\bar{6}$
В третьем $1 \cdot 0,5 = 0,5\bar{6}$, В четвертом $2 \cdot 0,5 = 1\bar{6}$
В пятом $1 \cdot 0,5 = 0,5\bar{6}$, В шестом $2 \cdot 0,5 = 1\bar{6}$

всего 5 баллов

Определены вещества, которые обуславливают аналитические эффекты реакций:

Указаны формулы и названия, за каждую формулу и название по 0,5 балла,

всего 7 баллов

Составлены уравнения реакций:

Уравнения реакций 1 – 10, по 1 баллу, всего 10б

Уравнение реакции 11, 2б

всего 12 баллов

Дан аргументированный ответ на вопрос №4

1 балл

Сумма: 25 баллов

Максимальное число баллов за задачи 11 класса – 100 баллов