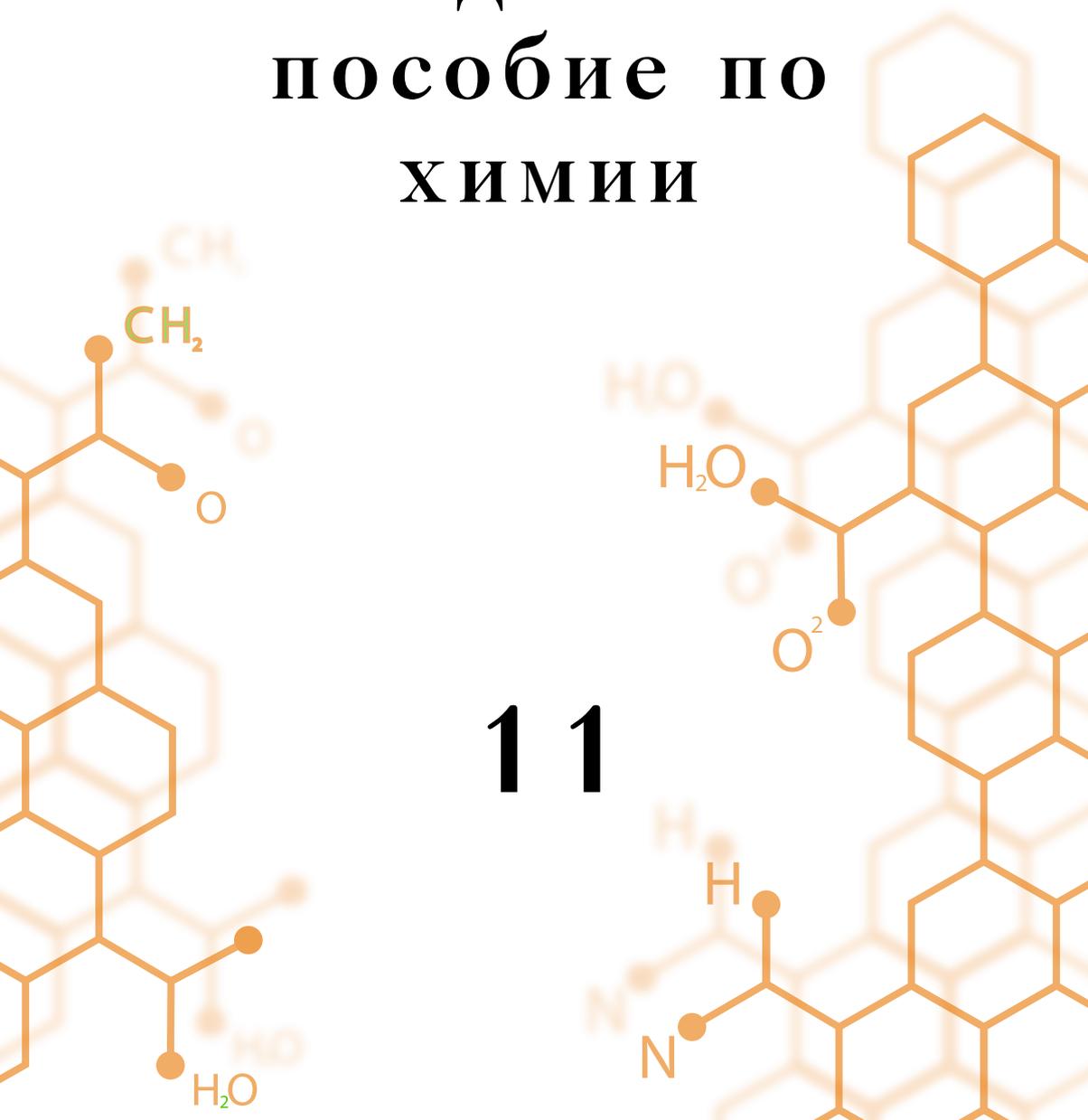




# Методическое пособие по ХИМИИ

11



Методическое пособие по подготовке  
преподавательского состава к обучению  
слушателей для успешной сдачи Единого  
государственного экзамена по химии  
11 класс

2023 год

## Оглавление

1. Вводное занятие .....	4
2. Химическое равновесие .....	11
3. Задачи на химическое равновесие .....	16
4. Качественные реакции в химии .....	21
5. Правила работы в лаборатории. Принципы химического производства .....	28
6. Массовая доля и растворимость .....	49
7. Тепловой эффект реакции .....	53
8. Задачи с расчетом массы вещества или объёма газа ..	56
9. Окислитель и восстановитель .....	58
10. Электролитическая диссоциация .....	67
11. Реакции с неорганическими соединениями .....	72
12. Реакции с органическими соединениями органических соединений .....	76
13. Установление молекулярной и структурной формулы вещества .....	80
14. Задачи с использованием массовой доли вещества, массы и объёма вещества .....	86

Авторы выражают благодарность Воронежскому государственному аграрному университету имени Императора Петра I и Иннопрактике за продуктивное сотрудничество

Данная методичка представляет собой описание наиболее сложных заданий из ЕГЭ по химии, который будет проходить в 2023 году. В нее включены описание структуры ЕГЭ, цели проведения ЕГЭ, материалы подготовки к ЕГЭ, рекомендации по сдаче, рекомендации по подготовке к экзаменационной работе.

Единый государственный экзамен (ЕГЭ) представляет собой форму государственной итоговой аттестации, которая проводится в целях определения соответствия результатов освоения обучающимися образовательных программ среднего общего образования соответствующим требованиям федерального государственного образовательного стандарта. Для указанных целей используются контрольные измерительные материалы (КИМ), которые представляют собой комплексы заданий стандартизированной формы.

### **Категория слушателей:**

Программа повышения квалификации предназначена для преподавателей химии школ, подготовительных курсов вузов, преподавателей химии колледжей, педагогов-репетиторов, имеющих высшее или среднее профессиональное образование, а также лиц, получающих высшее или среднее профессиональное образование.

# 1 Вводное занятие

На вводном занятии необходимо рассказать про сам экзамен: структуру экзамена, систему оценивания, типы заданий, строгость в верном заполнении бланков задания. Так же рекомендуется постоянно напоминать про внимательность. Внимательность в заполнении бланка ответов, в расчетах в задачах, причем как в сложных, так и в самых простых, а также в прочтении и понимании условий экзаменационных заданий.

Любой вариант экзаменационной работы изготовлен по единому плану: работа всегда состоит из двух частей, которые включают в себя 34 задания. Часть №1 содержит 28 заданий с кратким ответом, в их числе 17 заданий базового - простого уровня сложности (в варианте они присутствуют под номерами: 1–5, 10, 11, 13, 17–21, 25–28) и 11 заданий повышенного - среднего уровня сложности (их порядковые номера: 6–9, 12, 14–16, 22–24). Часть №2 содержит 6 заданий высокого уровня сложности, который предполагает развернутый ответ. Это задания под номерами 29–34.

Общие сведения о распределении заданий по частям экзаменационной работы и их основных характеристиках представлены в таблице 1:

Часть работы	Количество заданий	Максимальный первичный балл	Процент максимального первичного балла от общего максимального первичного балла за всю работу	Тип задания
Часть 1	28	36	64,3	Задания с кратким ответом
Часть 2	6	20	35,7	Задание с развернутым ответом
Итого	34	56	100	

Приступая к выполнению любого экзаменационного задания необходимо внимательно прочитать контрольные вопросы в том порядке, в котором они заданы. Если задание не удастся выполнить сразу, необходимо его пропустить и перейти к следующему. Затем после

выполнения следующих заданий, вернуться к предыдущему.

Количество заданий любой группы в общей структуре КИМ определено с учётом следующих факторов:

- а) глубины изучения проверяемых элементов содержания учебного материала как на базовом, так и на повышенном уровнях;
- б) требований к планируемым результатам обучения – предметным знаниям, предметным умениям и видам учебной деятельности. Это позволило более точно определить функциональное предназначение каждой группы заданий в структуре КИМ.

Так, задания базового уровня сложности с кратким ответом проверяют усвоение значительного количества (42 из 56) элементов содержания важнейших разделов школьного курса химии: «Теоретические основы химии», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Методы познания в химии. Химия и жизнь». Согласно требованиям стандарта к уровню подготовки выпускников эти знания являются обязательными для освоения каждым.

Задания данной группы имеют сходство по формальному признаку – по форме краткого ответа, записывающийся в виде последовательности цифр или в виде числа с заданной степенью точности. Однако, по формулировкам условия они имеют серьезные отличия, чем, определяются отличия в поиске верного ответа. Это может быть задания с единым контекстом (как, например, задания 1–3), с выбором двух или нескольких верных ответов из пяти, а также задания «на установление соответствия между позициями двух множеств». Каждое задание базового уровня сложности независимо от формата, в котором оно представлено, ориентировано на проверку усвоения одного или нескольких элементов содержания, относящихся к одной теме курса. Однако это не является основанием для того, чтобы отнести данные задания к категории лёгких, не требующих особых усилий для формулирования верного ответа. Напротив, выполнение любого из этих заданий предполагает обязательный и тщательный анализ условия и применение знаний в системе. Задания повышенного уровня сложности с кратким ответом, который устанавливается в ходе выполнения задания и записывается согласно указаниям в виде определённой последовательности цифр, ориентированы на проверку усвоения обязательных элемен-

тов содержания основных образовательных программ по химии не только базового, но и углублённого уровней. В сравнении с заданиями предыдущей группы они предусматривают выполнение большего разнообразия действий в ситуации, которая предусматривает применение знаний в условиях большого охвата теоретического материала и практических умений (например, для анализа химических свойств нескольких классов органических или неорганических веществ), а также сформированность умений систематизировать и обобщать полученные знания.

В экзаменационной работе предложена только одна разновидность этих заданий: на установление соответствия позиций, представленных в двух множествах. Это может быть соответствие между: названием органического соединения и классом/группой, к которому оно принадлежит; фактором, влияющим на состояние химического равновесия, и направлением его смещения; исходными веществами и продуктами реакции между этими веществами; названием или формулой соли и продуктами, которые образуются на инертных электродах при электролизе её водного раствора, и т.д.

Для оценки сформированности интеллектуальных умений более высокого уровня, таких как умения устанавливать причинно-следственные связи между отдельными элементами знаний (например, между составом, строением и свойствами веществ), формулировать ответ в определённой логике с аргументацией сделанных выводов и заключений, используются задания высокого уровня сложности с развёрнутым ответом.

Задания с развёрнутым ответом, в отличие от заданий двух предыдущих типов, предусматривают комплексную проверку усвоения на углублённом уровне нескольких (двух и более) элементов содержания из различных содержательных блоков. Они подразделяются на следующие разновидности:

- задания, проверяющие усвоение важнейших элементов содержания, таких, например, как «окислительно-восстановительные реакции», «реакции ионного обмена»;
- задания, проверяющие усвоение знаний о взаимосвязи веществ различных классов (на примерах превращений неорганических и

органических веществ);

– расчётные задачи.

Задания с развёрнутым ответом ориентированы на проверку следующих умений:

– объяснять обусловленность свойств и применения веществ их составом и строением, характер взаимного влияния атомов в молекулах органических соединений, взаимосвязь неорганических и органических веществ, сущность и закономерность протекания изученных типов реакций;

– проводить расчёты указанных физических величин по представленным в условии задания данным, а также комбинированные расчёты по уравнениям химических реакций.

### **Распределение заданий варианта КИМ ЕГЭ по уровням сложности.**

Распределение заданий КИМ по уровням сложности приведено в таблице 2:

Уровень сложности заданий	Количество заданий	Максимальный первичный балл	Процент максимального первичного балла за выполнение заданий данного уровня от общего максимального первичного балла
Базовый	17	17	30,4
Повышенный	11	19	33,9
Высокий	6	20	35,7
<b>Итого</b>	<b>34</b>	<b>56</b>	<b>100</b>

### **Система оценивания выполнения отдельных заданий и экзаменационной работы в целом**

Оценивание правильности выполнения заданий, которые предусматривают краткий ответ, осуществляется с использованием специальных аппаратно-программных средств.

Правильное выполнение каждого из заданий 1–5, 9–13, 16–21, 25–28 оценивается 1 баллом. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа. В ответах на задания 1, 3, 4, 11, 12, 13, 17, 18 порядок записи символов значения не имеет.

Правильное выполнение каждого из заданий 6, 7, 8, 14, 15, 22, 23, 24 оценивается 2 баллами. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа: каждый символ в ответе стоит на своём месте, при этом лишние символы в ответе отсутствуют. 1 балл выставляется, если на любой одной позиции ответа записан не тот символ, который представлен в эталоне ответа. Во всех других случаях выставляется 0 баллов. Если количество символов в ответе больше требуемого, выставляется 0 баллов вне зависимости от того, были ли указаны все необходимые символы. Развёрнутые ответы проверяются по критериям экспертами предметных комиссий субъектов Российской Федерации.

Задания части №2 (с развёрнутым ответом) предполагают проверку от двух до пяти элементов ответа. Задания с развёрнутым ответом могут быть выполнены выпускниками различными способами. Наличие каждого требуемого элемента ответа оценивается 1 баллом, поэтому максимальная оценка верно выполненного задания составляет от 2 до 5 баллов: за выполнение заданий 29 и 30 можно получить максимально по 2 балла; за выполнение заданий 31 и 34 – по 4 балла; за выполнение задания 32 – 5 баллов; за выполнение задания 33 – 3 балла. Проверка выполнения заданий части 2 осуществляется на основе поэлементного анализа ответа участника экзамена в соответствии с критериями оценивания выполнения задания.

Максимальный первичный балл за выполнение экзаменационной работы – 56. На основе результатов выполнения всех заданий работы определяются первичные баллы, которые затем переводятся в тестовые по 100-балльной шкале. Перевод осуществляется по таблице 3 (рис.1):

### **Изменения в КИМ ЕГЭ 2023 года в сравнении с КИМ 2022 года.**

В экзаменационной работе в 2023 г. по сравнению с работой в 2022 г. были приняты следующие изменения.

Первичный балл	Тестовый балл						
1	4	15	42	29	60	43	78
2	7	16	43	30	61	44	79
3	10	17	44	31	62	45	80
4	14	18	46	32	64	46	82
5	17	19	47	33	65	47	84
6	20	20	48	34	66	48	86
7	23	21	49	35	68	49	88
8	27	22	51	36	69	50	90
9	30	23	52	37	70	51	91
10	33	24	53	38	71	52	93
11	36	25	55	39	73	53	95
13	38	26	56	40	74	54	97
12	39	27	57	41	75	55	99
14	40	28	58	42	77	56	100

Рис. 1: Таблица перевода баллов

1. Изменён формат предъявления условия задания 23, которое ориентировано на проверку умения провести расчёты концентраций веществ в системе: вместо таблицы количественных данных все элементы будут представлены в текстовом формате.

2. Изменена последовательность заданий 33 и 34.

3. Изменён уровень сложности заданий 9, 12 и 16: В 2023 г. указанные задания будут представлены на повышенном уровне сложности. В целом принятые изменения в экзаменационной работе 2023 г. ориентированы на повышение объективности проверки сформированности ряда важных умений, в первую очередь таких, как анализ текста условия задания, представленного в различной форме (таблица, схема, график), комбинирование аналитической и расчётной деятельности, анализ состава веществ и прогноз возможности протекания реакций между ними, моделирование процессов и описание признаков их протекания и др.

### **Продолжительность экзамена**

Общая продолжительность выполнения экзаменационной работы

составляет 3 часа 30 минут (210 минут).

### **Дополнительные материалы и оборудование**

Перечень дополнительных материалов и оборудования, использование которых допускается при проведении ЕГЭ, утверждается приказом Министерства Просвещения России и Рособрнадзора.

К каждому варианту экзаменационной работы прилагаются следующие материалы:

- Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева;
- Таблица растворимости солей, кислот и оснований в воде;
- Электрохимический ряд напряжений металлов.

Во время выполнения экзаменационной работы по химии разрешается использовать непрограммируемый калькулятор. Так же рекомендуется калькулятор использовать даже в процессе простых вычислений для подтверждения верного ответа. Довольно распространённой практикой является ситуация, в которой экзаменуемый, сделав подсчет в уме, использует результат вычислений, а данный результат может оказаться другого порядка или же вдвое меньше или больше реального результата. В этой ситуации как раз и выручает проверка на непрограммируемом калькуляторе.

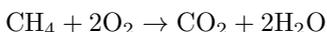
## 2 Химическое равновесие

Для успешного решения задания ЕГЭ №22 нужно владеть теорией по теме «обратимые и необратимые химические реакции. Химическое равновесие. Смещение равновесия под действием различных факторов».

Освоение рассматриваемых в этом разделе понятий дает представление о последствиях природных химических процессов, например, в почве, или происходящих при попадании туда реагентов, синтезированных искусственно.

Для начала нужно ознакомиться с понятиями «обратимые» и «необратимые химические реакции».

Необратимые химические реакции - протекают только в одном направлении и завершаются полным превращением реагирующих веществ.



Обратимые реакции - могут протекать в двух взаимно противоположных направлениях. Большинство реакций обратимые.



В системе, в которой процесс обратим, может установиться химическое равновесие.

Химическое равновесие- состояние системы, когда скорость прямой реакции равна скорости обратной.

Химическое равновесие динамическое, его можно смещать как в одну, так и в другую сторону. На основе этого был сформирован принцип смещения равновесия в реакции, описанный в 1884 г. Во Франции благодаря ученым Анри Ле Шателье и Карло Брауном.

Принцип Ле Шателье заключается в следующем: если на систему, находящуюся в состоянии химического равновесия, оказывать

внешнее воздействие, то равновесие смещается в сторону, уменьшающую это воздействие.

Выводы, эмпирически сделанные из этого закона, представлены на (рис.2). Так, три основных фактора влияния на химическое равновесие – это изменение концентрации, давления и температуры. Опираясь на приведенную таблицу, можно четко определить, в какую сторону (исходных веществ или продуктов реакции) сместится равновесие при изменении влияния фактора.

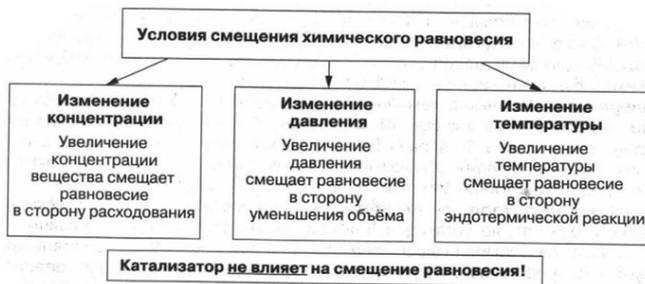


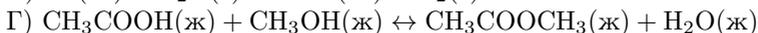
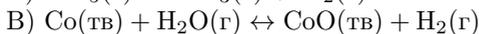
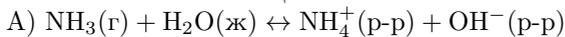
Рис. 2: Условие химического равновесия

### Примеры задания №22

#### Задание 1

Установите соответствие между уравнением химической реакции и направлением смещения химического равновесия при уменьшении давления: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ



#### НАПРАВЛЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

1) смещается в направлении прямой реакции

2) смещается в направлении обратной реакции

3) практически не смещается

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.


### Решение

Принцип Ле Шателье: если на систему, находящуюся в равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-либо из условий равновесия (температура, давление, концентрация), то в системе усиливаются процессы, направленные на компенсацию внешнего воздействия. Соответственно, при уменьшении давления в системе равновесие сдвинется в сторону реакции с большим количеством молей газов в качестве продукта.

А.- 2) смещается в направлении обратной реакции, так как в системе количество газообразных реагентов больше количества газообразных продуктов (они отсутствуют).

Б.- 1) смещается в направлении прямой реакции, так как в системе количество газообразных продуктов больше количества газообразных реагентов.

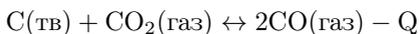
В.- 3) практически не смещается, так как в системе количество газообразных реагентов равно количеству газообразных продуктов.

Г.- 3) практически не смещается, так как в системе количество газообразных реагентов равно количеству газообразных продуктов (они отсутствуют).

Ответ: 2133.

### Задание 2

Установите соответствие между способом воздействия на равновесную систему, в которой протекает реакция:



и направлением смещения химического равновесия при этом воздействии: к каждой позиции, обозначенной буквой, выберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

### ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СИСТЕМУ

- А)нагревание
- Б)уменьшение общего давления
- В)введение катализатора
- Г)добавление угарного газа

### НАПРАВЛЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

- 1)смещается в сторону прямой реакции
- 2)смещается в сторону обратной реакции
- 3)практически не смещается

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.


### Решение

Принцип Ле Шателье: если на систему, находящуюся в равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-либо из условий равновесия (температура, давление, концентрация), то в системе усиливаются процессы, направленные на компенсацию внешнего воздействия.

А- 1. Нагревание сдвигает равновесие в сторону эндотермической (прямой) реакции.

Б- 1. Уменьшение общего давления смещает равновесие в сторону прямой реакции, так как в правой части уравнения содержится 2моль газообразных веществ, а в левой— 1моль.

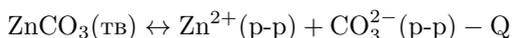
В- 3. Введение катализатора не влияет на равновесие в системе.

Г- 2. Добавление угарного газа смещает равновесие в сторону обратной реакции.

Ответ: 1132.

### Задание 3

Установите соответствие между способом воздействия на равновесную систему, в которой протекает реакция:



и смещением химического равновесия в результате этого воздействия: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

## ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СИСТЕМУ

- А) добавление твердого  $K_2CO_3$
- Б) добавление твердого  $ZnSO_4$
- В) увеличение давления
- Г) увеличение температуры

## НАПРАВЛЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

- 1) в сторону прямой реакции
- 2) в сторону обратной реакции
- 3) практически не смещается

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:


### Решение

Принцип Ле Шателье: если на систему, находящуюся в равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-либо из условий равновесия (температура, давление, концентрация), то в системе усиливаются процессы, направленные на компенсацию внешнего воздействия.

А- 2. Добавление твердого карбоната калия увеличивает количество карбонат-анионов (при его растворении) и смещает равновесие «в сторону его расходования», т.е. в сторону обратной реакции.

Б- 2. Добавление твердого сульфата цинка увеличивает количество ионов цинка (при его растворении) и смещает равновесие «в сторону его расходования», т.е. в сторону обратной реакции.

В- 3. В реакции не участвуют газообразные реагенты, поэтому при изменении давления равновесие практически не смещается.

Г- 1. Повышение температуры смещает равновесие в сторону эндотермической, прямой реакции, т.е. в сторону прямой реакции.

Ответ: 2231.

### 3 Задачи на химическое равновесие

Для успешного решения задания ЕГЭ №23 нужно владеть теорией по теме «обратимые и необратимые химические реакции. Химическое равновесие. Расчёты количества вещества, массы вещества или объёма газов по известному количеству вещества, массе или объёму одного из участвующих в реакции веществ».

Теорией для решения данного задания является п. 21 «Химическое равновесие». Отличием является необходимость решения задач, разбор будет представлен далее, а также использование понятий «концентрация вещества» и, соответственно, «моль».

Для дальнейшего рассмотрения нужно разобраться в основных понятиях, связанных с решением задач на данную тему. Самое важное понятие для расчетов любых количественных задач по химии – это понятие моля вещества. Оно обязательно должно быть знакомо каждому, кто собирается использовать измеренное количество реагента, так как приобретаемый реагент зачастую является не чистым веществом, а, например, его кристаллогидратом. Так, если нам нужно определенное количество вещества в растворе, опираться на массу вещества, которое является кристаллогидратом, некорректно. Избыточное или недостаточное количество необходимого для жизнедеятельности вещества может погубить культуру.

Моль — единица измерения количества вещества, которая вычисляется по следующей формуле:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} = \frac{V}{V_m},$$

где  $m$  — масса вещества,  $M$  — молярная масса вещества,  $V$  — объём газа при нормальных условиях, а  $V_m$  — молярный объём газа при тех же условиях, равный 22,4 л/моль.

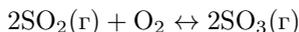
Не менее важным, а также наиболее часто используемым при лабораторных расчетах, является понятие концентрации вещества.

Концентрация вещества — это отношение количества вещества к объёму раствора.

Большинство задач, связанных с рассмотренными выше понятиями, являются типовыми и решаются по схеме, аналогичной приведенной ниже.

### Разбор типовой задачи

Для имеющейся реакции при постоянном объеме, достигнувшей равновесия:



И имеющихся данных:

Реагент	SO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
Исходная концентрация (моль/л)	0,6	-	-
Равновесная концентрация (моль/л)	-	0,3	0,4

Найти  $C_{\text{равн.}}(\text{SO}_2)$  и  $C_{\text{исх.}}(\text{O}_2)$

### Решение

1) Рассмотрим имеющиеся данные. SO<sub>3</sub> не находилось в системе изначально, а выделялось в результате реакции, его исходная концентрация равна 0. Остальные неизвестные величины нужно пометить (X<sub>1</sub> и X<sub>2</sub>).

Реагент	SO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
Исходная концентрация (моль/л)	0,6	X <sub>2</sub>	0
Равновесная концентрация (моль/л)	X <sub>1</sub>	0,3	0,4

Введем величину  $\Delta C$  - изменение концентрации, может быть больше или меньше 0.

$$\Delta C = C_{\text{равн.}} - C_{\text{исх.}}$$

$$\Delta C \text{ для SO}_3: \Delta C = 0,4 - 0 = 0,4 \text{ моль/л.}$$

Так как объем постоянный:  $\Delta C = n$ .

$$\Delta C(\text{SO}_3) = n(\text{SO}_3) = 0,4 \text{ моль.}$$

Из  $n(\text{SO}_3)$  по уравнению реакции находим  $n(\text{O}_2)$  и  $n(\text{SO}_2)$ :

$$n(\text{SO}_2) = n(\text{SO}_3) = 0,4 \text{ моль.}$$

$$n(\text{O}_2) = 0,5n(\text{SO}_3) = 0,2 \text{ моль.}$$

$$\Delta C(\text{SO}_2) = -0,4 \text{ моль/л; } \Delta C(\text{O}_2) = -0,2 \text{ моль/л.}$$

Реагент	SO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
Исходная концентрация (моль/л)	0,6	X2	0
Равновесная концентрация (моль/л)	X1	0,3	0,4
ΔC (моль/л)	-0,4	-0,2	+0,4

Тогда:

$$C_{\text{равн.}}(\text{SO}_2) = C_{\text{исх.}} + \Delta C = 0,6 + (-0,4) = 0,2 \text{ моль/л.}$$

$$C_{\text{исх.}}(\text{O}_2) = C_{\text{равн.}} - \Delta C = 0,3 - (-0,2) = 0,5 \text{ моль/л.}$$

Ответ: 0,2 моль/л, 0,5 моль/л.

### Примеры заданий №23

#### **Задание 1**

В реактор постоянного объёма ввели циклогексан и сильно нагрели.

В реакторе установилось равновесие:



Равновесные концентрации циклогексана и бензола составили 0,12 моль/л и 0,05 моль/л соответственно. Найдите исходную концентрацию C<sub>6</sub>H<sub>12</sub> (X) и равновесную концентрацию H<sub>2</sub> (Y).

1) 0,03 моль/л

2) 0,05 моль/л

3) 0,07 моль/л

4) 0,12 моль/л

5) 0,15 моль/л

6) 0,17 моль/л

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

X	Y

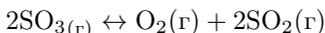
### Решение

По условию объем системы постоянный, поэтому количества веществ в системе пропорциональны их концентрациям. Согласно уравнению обратимой реакции на образование 1 моль бензола и 3 моль водорода расходуется 1 моль циклогексана. Отсюда следует, что на образование 0,05 моль бензола затратилось 0,05 моль циклогексана. При этом также образовалось 0,15 моль водорода. То есть равновесная концентрация  $H_2$  равна 0,15 моль/л. Тогда исходная концентрация  $C_6H_{12}$ , определяемая как сумма прореагировавшего количества вещества и равновесного (на единицу объема), будет равна  $0,05 + 0,12 = 0,17$  моль/л.

Ответ: 65.

### Задание 2

В реактор постоянного объёма поместили оксид серы(VI) и нагрели. В результате протекания обратимой реакции



в реакционной системе установилось химическое равновесие. При этом исходная концентрация оксида серы(VI) составила 0,28 моль/л, а равновесная концентрация — 0,20 моль/л.

Определите равновесную концентрацию  $SO_2$  (X) и  $O_2$  (Y).

Выберите из списка номера правильных ответов.

- 1) 0,02 моль/л
- 2) 0,04 моль/л
- 3) 0,08 моль/л
- 4) 0,15 моль/л
- 5) 0,20 моль/л
- 6) 0,30 моль/л

Запишите выбранные номера в таблицу под соответствующими буквами

X	Y

### Решение

По условию объем системы постоянный, поэтому количества веществ в системе пропорциональны их концентрациям. Известна исходная и равновесная концентрации  $\text{SO}_3$ , значит, можем найти прореагировавшее количество (на единицу объёма) оксида серы(VI), равное их разности  $0,28 - 0,20 = 0,08$  моль/л.

Согласно уравнению обратимой реакции на образование 2 моль оксида серы(IV) и 1 моль кислорода расходуется 2 моль оксида серы(VI). Отсюда следует, что из 0,08 моль оксида серы(VI) образовалось 0,08 моль оксида серы(IV) и 0,04 моль кислорода. Равновесная концентрация продукта реакции равна сумме исходного количества и образовавшегося (на единицу объёма). Изначально в системе оксида серы(IV) и кислорода не было, следовательно, равновесная концентрация  $\text{SO}_2$  равна  $0 + 0,08 = 0,08$  моль/л, а равновесная концентрация  $\text{O}_2$  равна  $0 + 0,04 = 0,04$  моль/л.

Ответ: 32.

## 4 Качественные реакции в химии

Для успешного решения задания ЕГЭ №24 нужно знать качественные реакции на неорганические вещества и ионы, качественные реакции органических соединений.

Качественные реакции в химии нужны для определения того или иного вещества в растворе, определения характерных ионов, а также среды. Такие реакции являются неотъемлемой частью деятельности как в аналитической лаборатории, так и в лабораториях, действовавших при агротехнологии, и позволяют определить вещество без проведения дорогостоящих анализов.

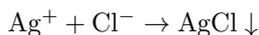
Давайте рассмотрим наиболее часто встречающиеся реакции, которые также входят в типовые задания ЕГЭ.

### Качественные реакции на анионы

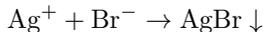
1) Анион  $\text{OH}^-$  ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$  и тому подобные соединения) придает специфическое окрашивание при взаимодействии с различными индикаторами:

- А) Лакмус - синий цвет
- Б) Фенолфталеин - малиновый цвет
- В) Метиловый оранжевый - желтый цвет

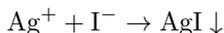
2)  $\text{Cl}^-$  + Нитрат серебра ( $\text{Ag}^+$ ) = белый творожистый осадок:



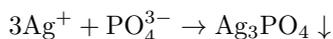
3)  $\text{Br}^-$  + Нитрат серебра ( $\text{Ag}^+$ ) = желтоватый творожистый осадок:



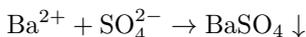
4)  $\text{I}^-$  + Нитрат серебра ( $\text{Ag}^+$ ) = желтый творожистый осадок:



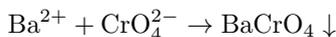
5)  $\text{PO}_4^{3-}$  + Нитрат серебра ( $\text{Ag}^+$ ) = ярко-желтый осадок:



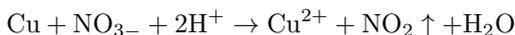
6)  $\text{SO}_4^{2-}$  + Растворимые соли бария ( $\text{Ba}^{2+}$ ) = белый осадок:



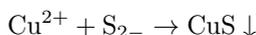
7)  $\text{CrO}_4^{2-}$  + Растворимые соли бария ( $\text{Ba}^{2+}$ ) = желтый осадок:



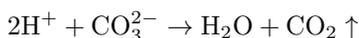
8)  $\text{NO}_3^-$  +  $\text{H}_2\text{SO}_4$ (конц.) и  $\text{Cu}$  = бурый газ:



9)  $\text{S}^{2-}$  + растворимые соли меди ( $\text{Cu}^{2+}$ ) = черный осадок:



10)  $\text{CO}_3^{2-}$  + кислоты ( $\text{H}^+$ ) = газ без запаха



### Качественные реакции на катионы

1) При горении различные катионы дают характерное пламя, которое легко отличить:

$\text{Li}^+$  - карминово-красное

$\text{Na}^+$  - желтое

$\text{K}^+$  - фиолетовое

$\text{Ca}^{2+}$  - кирпично-красное

$\text{Sr}^{2+}$  - карминово-красное

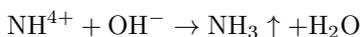
$\text{Ba}^{2+}$  - желто-зеленое

2)  $\text{H}^+$  (присутствует в кислотах) придает специфическое окрашивание при взаимодействии с различными индикаторами, как и  $\text{OH}^-$ . На этом понимании строится принцип определения показателя без использования -метра:

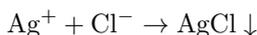
А) Лакмус - красный цвет

Б) Метиловый оранжевый - розовый цвет

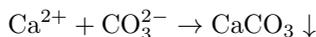
3)  $\text{NH}_4^+$  + щелочь ( $\text{OH}^-$ ), t = газ с резким запахом:



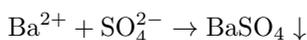
4)  $\text{Ag}^+$  + соляная кислота или растворы хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ) = белый творожистый осадок:



5)  $\text{Ca}^{2+}$  + растворы карбонатов ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) = белый осадок:



6)  $\text{Ba}^{2+}$  + серная кислота или растворы сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) - белый мелкокристаллический осадок:



7)  $\text{Cu}^{2+}$ :

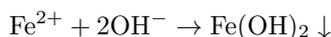
А)  $\text{Cu}^{2+}$  + вода = гидратированные ионы голубой окраски

Б)  $\text{Cu}^{2+}$  + щелочь ( $\text{OH}^-$ ) = синий осадок:

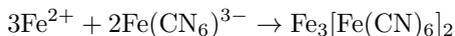


8)  $\text{Fe}^{2+}$ :

А)  $\text{Fe}^{2+}$  + щелочь ( $\text{OH}^-$ ) = зеленоватый осадок:

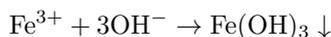


Б)  $\text{Fe}^{2+}$  + красная кровяная соль  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6](\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-})$  = турбулента синь:



9)  $\text{Fe}^{3+}$ :

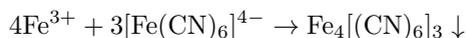
А)  $\text{Fe}^{3+}$  + щелочь ( $\text{OH}^-$ ) = бурый осадок:



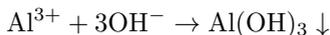
Б)  $\text{Fe}^{3+}$  + роданид аммония  $\text{NH}_4\text{SCN}(\text{SCN}^-)$  = кроваво-красный осадок:



В)  $\text{Fe}^{3+}$  + желтая кровяная соль  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  = берлинская лазурь:



10)  $\text{Al}^{3+} + \text{щелочь} (\text{OH}^-) = \text{желеобразный осадок белого цвета, растворяется в избытке раствора щелочи:}$



Качественные реакции для органических веществ

1)  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ :

А)  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{подкисленный р-р KMnO}_4 (\text{H}^+) = \text{обесцвечивание раствора}$

Б)  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{р-р Br}_2 = \text{обесцвечивание раствора}$

2)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{CuO} = \text{изменение цвета проволоки, пары с фруктовым запахом}$

3)  $\text{Пропантриол-1,2,3} + \text{Cu}(\text{OH})_2 = \text{образование ярко-синего раствора}$

4) 2-гидроксибензол:

А)  $\text{р-р Br}^2 - \text{белый осадок}$

Б)  $\text{р-р FeCl}_3 - \text{фиолетовое окрашивание}$

5)  $\text{HCHO}$ :

А)  $\text{HCHO} + \text{Cu}(\text{OH})_2 (\text{t}) = \text{красный осадок Cu}_2\text{O}$

Б)  $\text{HCHO} + \text{Ag}_2\text{O} (\text{t}) = \text{«серебряное зеркало»}$

6)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ :

А) Лакмус – красное окрашивание

Б)  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{р-р Na}_2\text{CO}_3 = \text{выделение газа}$

7)  $\text{HCOOH}$ :

А) Лакмус – красное окрашивание

Б)  $\text{HCOOH} + \text{Подкисленный р-р KMnO}_4 (\text{H}^+) = \text{обесцвечивание раствора}$

В)  $\text{HCOOH} + \text{р-р Na}_2\text{CO}_3 = \text{выделение газа}$

8)  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ :

А)  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH} + \text{р-р Br}_2 = \text{обесцвечивание раствора}$

Б)  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH} + \text{р-р KMnO}_4 = \text{обесцвечивание раствора}$

9)  $C_{17}H_{35}COONa$  (мыльный р-р) +  $H^+$  = белые хлопья

10)  $C_6H_{12}O_6$ :

А)  $C_6H_{12}O_6 + Cu(OH)_2$  = ярко-синее окрашивание, при нагревании – красный осадок

Б)  $C_6H_{12}O_6 + Ag_2O$  = «серебряное зеркало»

11) Крахмал  $(C_6H_{10}O_5)_n$  + р-р  $I_2$  = синее окрашивание

12) Фениламин + р-р  $Br^2$  = белый осадок

13) Белок:

А) Белок +  $HNO_3$  = желтый осадок

Б) Белок +  $Cu(OH)_2$  = фиолетовое окрашивание

### Задание 1

Установите соответствие между реагирующими веществами и признаком реакции, протекающей между ними: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА

А) ацетилен и аммиачный раствор оксида серебра

Б) толуол и подкисленный раствор перманганата калия

В) муравьиная кислота и гидрокарбонат натрия Г) ацетальдегид и бромная вода

#### ПРИЗНАК РЕАКЦИИ

1) видимые признаки реакции отсутствуют

2) появление окраски раствора

3) образование осадка

4) выделение газа

5) обесцвечивание раствора

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.


## Решение

Установим соответствие:

А. При взаимодействии ацетилену с аммиачным раствором оксида серебра образуется осадок серебра- 3;

Б. При взаимодействии толуола с подкисленным раствором перманганата калия видимых наблюдается изменение цвета раствора- 5;

В. При взаимодействии муравьиной кислоты с гидрокарбонатом натрия выделяется газ- 4;

Г. Ацетальдегид обесцвечивает бромную воду- 5.

Ответ: 3545.

## Задание 2

Установите соответствие между формулой иона и качественной реакцией, с помощью которой можно обнаружить этот ион в растворе: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА ИОНА

А)  $\text{Pb}^{2+}$  Б)  $\text{Ba}^{2+}$  В)  $\text{I}^-$  Г)  $\text{SO}_3^{2-}$

КАЧЕСТВЕННАЯ РЕАКЦИЯ

1) при действии бромной воды раствор окрашивается в темный цвет

2) при действии сероводородной воды образуется чёрный осадок

3) окрашивает пламя в зелёный цвет

4) окрашивает пламя в интенсивный жёлтый цвет

5) при действии кислоты выделяется газ с резким запахом

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами


## Решение

Установим соответствие.

А. Качественной реакцией на ионы свинца является образование черного осадка при взаимодействии с сероводородной водой. (2)

Б. Ионы бария окрашивают пламя в зелёный цвет. (3)

В. Ионы йода восстанавливаются до йода под действием бромной воды, окрашивая раствор в темный цвет. (1)

Г. При взаимодействии сульфит-ионов с кислотой выделяется газ с резким запахом. (5)

### Задание 3

Установите соответствие между веществами и реагентом, с помощью которого можно различить водные растворы этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВ

- А)  $\text{HNO}_3$  и  $\text{K}_2\text{SO}_4$
- Б)  $\text{KOH}$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$
- В)  $\text{K}_3\text{PO}_4$  и  $\text{K}_2\text{SO}_4$
- Г)  $\text{MgI}_2$  и  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$

#### РЕАГЕНТ

- 1)  $\text{NaCl}$
- 2)  $\text{LiCl}$
- 3)  $\text{Cu}$
- 4)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (разб.)
- 5)  $\text{KBr}$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами


### Решение

Установим соответствие:

А. Азотная кислота, в отличие от сульфата калия, будет растворять медь- 3;

Б. Карбонат натрия, в отличие от гидроксида калия, при реакции с серной кислотой будет выделять углекислый газ.- 4;

В. Фосфат ионы образуют единственную нерастворимую соль лития- фосфат лития- 2;

Г. Сульфат стронция, в отличие от сульфата магния, нерастворим, поэтому различить соли магния и стронция можно добавлением серной кислоты- 4.

Ответ: 3424.

## 5 Правила работы в лаборатории. Принципы химического производства

Для успешного решения задания ЕГЭ №25 нужно знать правила работы в лаборатории, виды лабораторной посуды и оборудования, правила безопасности при работе с едкими, горючими и токсичными веществами, средствами бытовой химии, научные методы исследования химических веществ и превращений, методы разделения смесей и очистки веществ. Также важно иметь понятие о металлургии: общие способы получения металлов. Общие научные принципы химического производства (на примере промышленного получения аммиака, серной кислоты, метанола). Нужно знать теорию по темам «Химическое загрязнение окружающей среды и его последствия», «Природные источники углеводородов, их переработка», «Высокомолекулярные соединения. Реакции полимеризации и поликонденсации. Полимеры. Пластмассы, волокна, каучуки».

Знания о работе в лаборатории являются неотъемлемой частью любой научной или производственной деятельности. Некорректное обращение с оборудованием и реагентами, а также нарушение базовых правил безопасности, касающихся пищи, внешнего вида и поведения в лаборатории могут стать причиной серьезной аварии, причинения вреда собственному здоровью и здоровью коллег, а также остановке и браку во время технологического процесса. Правила являются общими для большинства лабораторий, их знание подтверждается сотрудниками регулярно. Также руководство каждой отдельной организации вправе ввести дополнительные правила безопасного труда в рамках закона в зависимости от специфики научной деятельности или производства. Давайте ознакомимся с базовыми необходимыми для соблюдения правилами.

### Лаборатория

#### Правила работы:

1. Опыты выполняются строго по инструкции, в соответствии с рекомендациями преподавателя.
2. Опыты с использованием или образованием вредных летучих веществ, а также газов с резким запахом проводятся в специальном

вытяжном шкафу с включенным мотором.

3. За ходом опыта в пробирке наблюдают через ее стенки.
4. Работая с огнем, следует быть особенно внимательным и осторожным.
5. Нагрев пробирки с раствором или веществом должен происходить равномерно.
6. Знакомясь с запахом вещества, нужно делать движения ладонью от отверстия сосуда к носу.
7. Для опытов используется чистая лабораторная посуда.
8. При попадании на кожу какого-либо вещества нужно стряхнуть его, смыть проточной водой и обратиться к учителю или лаборанту.
9. После проведения опытов нужно убрать рабочее место и тщательно вымыть руки с мылом.
10. При несчастном случае немедленно обращаться к учителю или лаборанту.

#### Нельзя:

1. Смотреть на вещества в отверстие пробирки, особенно во время нагревания.
2. Наливать или насыпать в горячую пробирку какое-либо вещество, ставить горячую пробирку в пластмассовый штатив.
3. Брать вещества руками, пробовать их на вкус, рассыпать, разбрызгивать или поджигать.
4. Употреблять пищу в химической лаборатории.

Помимо соблюдаемых правил каждый работник любой лаборатории, в том числе и лаборатории, работающей при агротехнологической организации, должен уметь пользоваться наиболее часто применяемой лабораторной посудой. Используемая для химии посуда разнообразна и ее назначение не всегда очевидно, поэтому предлагаем ознакомиться с самой популярной и активно применяемой при получении веществ посудой.

#### Лабораторная посуда

1. Обратный холодильник, прямой холодильник нужен для перегонки и разделения жидкостей. Составная часть прибора для перегонки. Разные виды представлены на (рис.3).
2. Хлоркальциевая трубка – осушение газов. В трубку вносят твердый поглотитель жидкости. Разные виды представлены на (рис.4)

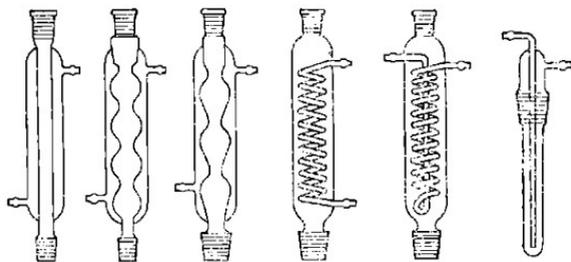


Рис. 3: Обратный холодильник

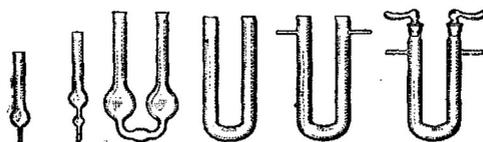


Рис. 4: Хлоркальциевая трубка

3. Фильтр Шотта - фильтрация под вакуумом. Такая система используется для очистки растворов от примесей (рис.5)

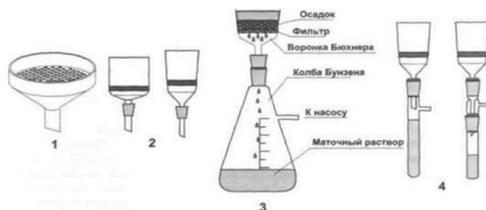


Рис. 5: Фильтр Шотта

4. Фильтровальная воронка + бум фильтр – приспособление для отделения осадка от жидкости с помощью фильтрования (рис.6)

5. Стеклопалочка – наиболее простой вариант для перемешивания жидкостей (рис.7)

6. Лабораторный ртутный термометр отличается от домашнего градусника, в основном, диапазоном измеряемых температур, и нужен, соответственно, для измерения температуры раствора.

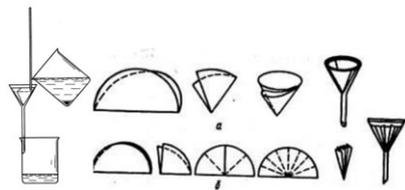


Рис. 6: Фильтровальная воронка + бум фильтр

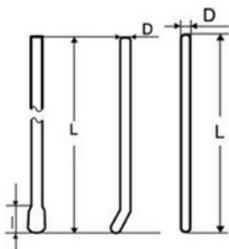


Рис. 7: Стеклоянная палочка

7. Штатив для пробирок – это оборудование для установки пробирок (рис.8)

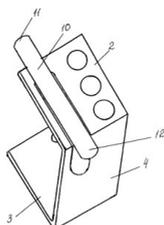


Рис. 8: Штатив для пробирок.

8. Держатель пробирок – это прибор для фиксации пробирки (рис.9).

9. Пробирка – это емкость для проведения реакций в небольших объемах

10. Спиртовка нужна для нагревания пробирок, колб (рис.10).



Рис. 9: Держатель пробирок

Внутри спиртовки обычно наливают этиловый спирт, после чего опущенный в него фитиль пропитывается и при контакте на воздухе с огнем горит благодаря спиртовой пропитке и парам. Для того, чтобы потушить такой фитиль, используется стеклянная крышка, которой накрывают пламя.

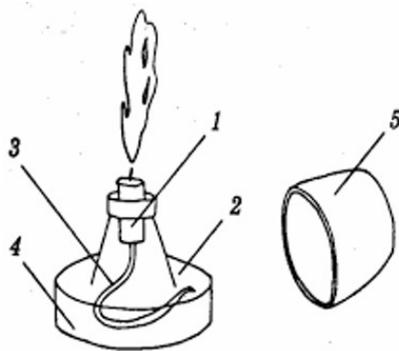


Рис. 10: Держатель пробирок

11. Фарфоровая чашка нужна для нагревания и выпаривания растворов.
12. Фарфоровый тигель нужен для прокаливания веществ.
13. Ступка с пестиком – устройство для измельчения, механического диспергирования (рис.11). Ступки бывают из разных материалов

и подбираются в зависимости от твердости и других свойств перетираемых веществ.

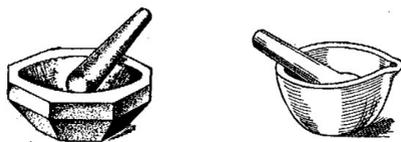


Рис. 11: Ступка с пестиком

14. Металлический шпатель нужен для отбора небольших порций сыпучих веществ.

15. Пипетка нужна для точно отбора небольшого объема жидкости (рис.12). Чаще всего используются пипетки до 25 мл, но бывают и до 200 мл.

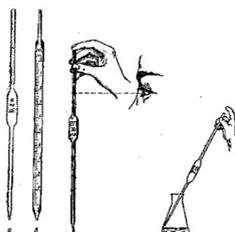


Рис. 12: Пипетка

16. Мерный цилиндр, мерный стакан, мерная колба, мензурка – измерение объема жидкости

17. Круглодонная колба используется при перегонке.

18. Коническая колба используется для перемешивания и хранения веществ.

19. Штатив нужен для закрепления лабораторной посуды.

### Разделение смесей

Зачастую, при попытке синтезировать какое-либо специфическое вещество, особенно новой неотработанной методикой, на выходе исследователь получает смесь целевого вещества с какими-либо другими. Наиболее часто такое явление можно встретить в органиче-

ской химии, так как состав конечного продукта очень сильно зависит от условий проведения реакции, которые не всегда можно поддерживать в постоянстве.

В таком случае для получения нужного вещества необходимо применять дополнительные меры по очистке или разделению смесей. Так, смеси бывают:

Однородные (гомогенные) - смеси, частицы в которых нельзя обнаружить ни визуально, ни с помощью оптических приборов, поскольку вещества находятся в раздробленном состоянии на микроуровне (истинные, твердые, газовые растворы).

Способы разделения:

1. Дистилляция
2. Кристаллизация
3. Выпаривание
4. Перегонка

Неоднородные (гетерогенные) - смеси, в которых частицы можно обнаружить либо визуально, либо с помощью оптических приборов. Причём эти вещества находятся в разных агрегатных состояниях (фазах) (суспензии, эмульсии, аэрозоли).

Способы разделения:

1. Фильтрация
2. Отстаивание
3. Центрифугирование
4. Магнитная сепарация

Аллотропные модификации

Аллотропия - это существование двух и более простых веществ одного и того же химического элемента. Это явление можно увидеть при рассмотрении, например, соединений, состоящих из углерода. Так, из углерода состоят все известные минералы графит и алмаз, графен, материал будущего в один атомарный слой, фуллерен, впервые обнаруженный в космосе, или, например, нанотрубки, рассматриваемые в качестве сверхпроводников. Давайте рассмотрим наиболее известные полиморфные модификации для различных химических элементов, которые можно встретить в природе.

### Фосфор

1) Белый (желтый) фосфор. Наиболее распространен. Имеет молекулярную решетку, в узлах которой находятся тетраэдрические молекулы  $P_4$ . Мягкое, бесцветное вещество, имеет чесночный запах,  $t_{\text{пл.}}^{\circ} = 44^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{кип.}}^{\circ} = 280^{\circ}\text{C}$ , растворим в сероуглероде ( $\text{CS}_2$ ), летуч. Очень реакционноспособен, окисляется на воздухе (при этом самовоспламеняется), в темноте светится. Очень ядовит. В лаборатории его хранят под слоем воды.

2) Красный фосфор. Без запаха, цвет красно-бурый, не ядовит. Атомная кристаллическая решётка очень сложная, обычно аморфен. Нерастворим в воде и в органических растворителях. Устойчив. В темноте не светится. Физические свойства зависят от способа получения. Образуется при нагревании белого до  $320^{\circ}\text{C}$  без доступа воздуха.

3) Чёрный фосфор - полимерное вещество с металлическим блеском, похож на графит, без запаха, жирный на ощупь. Нерастворим в воде и в органических растворителях. Атомная кристаллическая решётка, полупроводник.  $t_{\text{кип.}} = 453^{\circ}\text{C}$  (возгонка),  $t_{\text{пл.}} = 1000^{\circ}$ , устойчив.

### Сера

1) Ромбическая - устойчива при комнатной температуре. Цвет - лимонно-желтый;  $t_{\text{пл.}} = 112,8^{\circ}\text{C}$ ;

2) Моноклинная - образуется при медленном охлаждении расплава ромбической серы. Цвет - медово-желтый;  $t_{\text{пл.}} = -119,3^{\circ}\text{C}$ ;

3) Пластическая - резиноподобная масса, состоящая из полимерных цепочек, образуется при быстром охлаждении расплава ромбической серы. Цвет - темно-коричневый;  $t_{\text{пл.}} = 444,6^{\circ}\text{C}$ .

### Углерод

1) Алмаз – имеет атомную кубическую решетку, связь - ковалентная неполярная. Свойства: твердость.

2) Графит – имеет слоистое строение. Внутри слоя – ковалентная

неполярная связь, между слоями – межмолекулярное взаимодействие. Свойства: хорошо проводит электрический ток, тугоплавкий, оказывает смазывающее действие

3) Фуллерен –  $C_{60}$ ,  $C_{70}$ , молекулы образуют сферу. Химически стойкий, твердый. (рис.13)

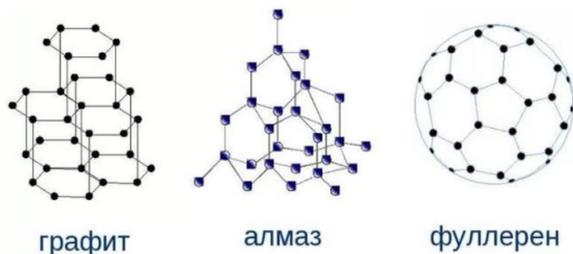


Рис. 13: Структура аллотропных модификаций углерода

### Кислород

1) Кислород - молекула состоит из 2-х атомов. Газ без цвета и запаха, жидкий имеет голубой цвет, твердый - синие кристаллы. Мало растворим в воде. Не задерживает ультрафиолетовые лучи. Не ядовит. Вещество, необходимое для дыхания аэробных организмов.

2) Озон - молекула состоит из 3-х атомов. Синий газ с резким запахом. В воде растворяется в 10 раз лучше кислорода. Задерживает ультрафиолетовые лучи. Сильно раздражает глаза и дыхательные пути. Ядовит в больших концентрациях. Бактерициден.

### Мышьяк

- 1) Желтый
- 2) Черный
- 3) Серый

### Олово

- 1) Белое
- 2) Серое

Далее будут рассмотрены более обширные темы: производство металлов, органических и неорганических бытовых веществ, их применение, а также наносимый производством вред. На первый взгляд темы производства могут показаться не связанными с агротехнологией, но для специалиста всегда важно понимать, какие вещества и каким образом можно получить в промышленном масштабе, а также ориентироваться в современных технологических процессах.

### Получение металлов

#### Природные соединения металлов:

Хлориды: сильвинит  $KCl \cdot NaCl$ , каменная соль  $NaCl$ ;

Сульфиды: серный колчедан  $FeS_2$ , киноварь  $HgS$ , цинковая обманка  $ZnS$ ;

Карбонаты: мел, мрамор, известняк  $CO_3$ , магнезит  $MgCO_3$ , доломит  $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ ;

Сульфаты: глауберова соль  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ , гипс  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ;

Оксиды: магнитный железняк  $Fe_2O_4$ , красный железняк  $Fe_2O_3$ , бурый железняк  $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ .

Нитраты: чилийская селитра  $NaNO_3$ ;

Руды - минералы и горные породы, содержащие металлы и их соединения и пригодные для промышленного получения металлов.

Металлургия - отрасль промышленности, которая занимается получением металлов из руд. Эта наука пришла к нам из древности и дала возможность выделять чистые металлы и создавать новые сплавы с заданными свойствами. Благодаря этому мы имеем возможность пользоваться современным оборудованием, которое долго изнашивается и не теряет своих качеств.

#### Методы получения металлов:

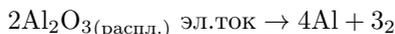
1) Электromеталлургический способ – с помощью электрического тока (электролиза).

Получают: алюминий, щелочные металлы, щелочноземельные металлы.

Электролизу подвергают расплавы оксидов, гидроксидов или хлоридов:



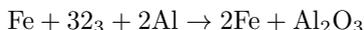
Получение Al: электролиз раствора оксида алюминия в расплавленном криолите:



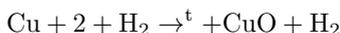
2) Пирометаллургический способ - восстановление металлов из их руд при высоких температурах с помощью восстановителей:

А) Неметаллических: кокс, оксид углерода (II), водород;

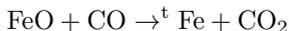
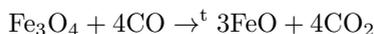
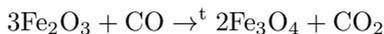
Б) Металлических; алюминий, магний, кальций. Алумотермия (получают железо, хром):



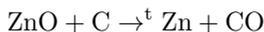
Водородотермия - восстановление оксидов металлов водородом (Получают малоактивные медь, вольфрам):



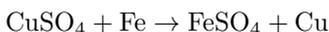
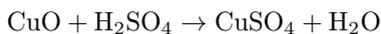
Получение чугуна: В вертикальной печи кокс окисляется до  $\text{CO}$ , затем происходит постепенное восстановление железа из руды:



Восстановление углём, коксом (получают цинк, никель):



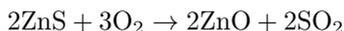
3) Гидрометаллургический способ - основан на растворении природного соединения с целью получения раствора соли этого металла и вытеснением данного металла более активным.



Таким способом получают серебро, цинк, молибден, золото, ванадий.

Если для восстановления требуется оксид металла, то в процессе переработки сначала получают оксид:

а) из сульфида - обжигом в кислороде:



б) из карбоната - разложением:



### Получение веществ в промышленности

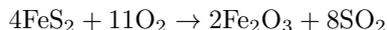
Большинство веществ, которые можно встретить в лаборатории или быту, являются результатом упорного труда при разработке и оттачивании методов их получения. При этом все равно в зависимости от особенностей технологической цепочки производителя может получаться вещество с большим или малым количеством примесей. В зависимости от количества примесей вещества по-разному маркируются.

Давайте далее рассмотрим технологические цепочки получения наиболее часто используемых веществ.

#### 1) Серная кислота:



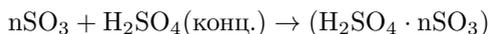
1 стадия: Получение оксида серы(II) в печи для обжига колчедана:



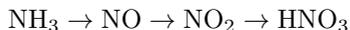
2 стадия: Получение серного ангидрида при  $T = 450 - 500^\circ\text{C}$ , кат.  $\text{V}_2\text{O}_5$ ):



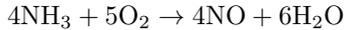
3 стадия: получение олеума в поглотительной башне:



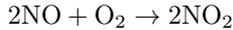
#### 2) Азотная кислота



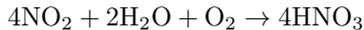
1 стадия: контактное окисление аммиака до оксида азота(II):



2 стадия: окисление оксида азота(II) в оксид азота(IV):

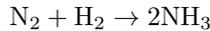


3 стадия: адсорбция (поглощение) оксида азота(IV) водой при избытке кислорода:



### 3) Аммиак

Процесс Габера: прямое взаимодействие водорода и азота:



Условия:

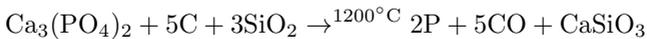
А) катализатор: пористое железо

Б) температура: 450 – 500°С

В) давление: 25 - 30 Мпа

### Фосфор

Прокаливание смеси фосфата кальция с песком и коксом:



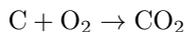
### Чугун

Чугун получают в ходе доменного процесса, основанного на восстановлении железа из его природных оксидов коксом при высокой температуре. Процесс восстановления железа оксидом углерода в верхней части доменной печи можно представить по обобщенной схеме:



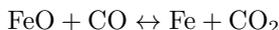
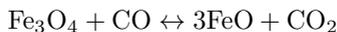
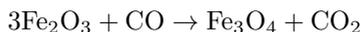
Опускаясь в нижнюю часть печи, расплавленное железо соприкасается с коксом и превращается в чугун.

1 стадия: горение кокса:





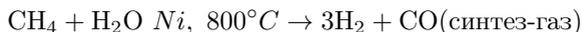
2 стадия: восстановление железа:



### Метанол

Получают из синтез-газа.

Синтез-газ - смесь оксида углерода(II) с водородом. Образуется при взаимодействии метана с водяным паром:



### Применение веществ

Не всегда очевидно, что окружающие нас в повседневном быту вещества могут являться сложными химическими соединениями. Давайте рассмотрим, какие вещества и где могут применяться.

Нитрат натрия, нитрат калия, нитрат аммония: азотсодержащие удобрения (селитры).

Фосфат кальция, гидрофосфат кальция: фосфорные удобрения.

Оксид кремния(IV): производство керамических изделий.

Пальмитат натрия/калия, стеарат натрия/калия: мыла, натриевые соли высших карбоновых кислот - твердые мыла, а калиевые соли высших карбоновых кислот - жидкие мыла.

Сера: используется при производстве резины. Для этого серу нагревают (вулканизируют) с каучуком.

Гидрокарбонат натрия: твердое вещество, использующееся в качестве разрыхлителя теста, а также в качестве чистящего средства.

Карбонат аммония: разрыхлитель теста.

Этановая (уксусная) кислота: используется для консервирования овощей. Концентрированные растворы вызывают ожоги.

Активированный уголь: твердое вещество черного цвета, используется в качестве поглотителя (адсорбента) в фильтрах, а также как лекарственное средство при различных видах отравлений.

Этанол (этиловый спирт): основной компонент алкогольных напитков, может быть использован в качестве топлива. Жидкость со специфическим запахом.

Глицерин: используется в парфюмерии и пищевой промышленности.

Ацетон: распространенный растворитель.

Тетрахлорид углерода  $CCl_4$ : Растворитель.

Аммиак: сырье для получения удобрений (нитратов калия, натрия, аммония). Сырье для получения азотной кислоты.

Аммиак раствор: используется как компонент стеклоочистительных жидкостей, жидкость с резким запахом. В аптечке - нашатырный спирт, применяется для приведения в чувство человека, потерявшего сознание.

Озон: дезинфекция (очистка) воды.

Хлор: дезинфекция (очистка) воды.

Ацетилен: используется для сварки и резки металла благодаря тому, что при горении ацетилена развивается крайне высокая температура - около  $3000^{\circ}C$

Метан: основной компонент природного газа. Горючее для газовых плит.

Лимонная кислота: используется для удаления накипи с внутренней поверхности чайника.

Пероксид водорода: используется в качестве антисептика (дезинфицирующего средства) при обработке небольших ран и порезов.

Хлоропрен (2-хлорбутадиен-1,3), изопрен (2-метилбутадиен-1,3), бутадиен (дивинил): сырье для производства каучука.

Йод: спиртовой раствор данного вещества используется для дезинфекции мелких порезов и царапин.

### Полимеры и каучуки

Полимеры – это вещества с большой молекулярной массой (десятки, сотни тыс.), молекулы которых содержат повторяющиеся группы атомов, называемых мономерами.

Получение: полимеризация и поликонденсация

По происхождению:

- 1) Природные - встречаются в природе (натуральный каучук, крахмал, целлюлоза, белки)
- 2) Искусственные (модифицированные) - дополнительно измененные природные полимеры (резина)
- 3) Синтетические - полученные методом синтеза (нитрон, капрон, лавсан, синтетический каучук) Каучуки - полимеры сопряженных диеновых соединений. Число мономерных звеньев в молекуле такого полимера может достигать нескольких десятков тысяч. Для вулканизации каучуков применяют серу, благодаря ей они становятся более эластичными и прочными. Все при высоких температурах.

### Пластмассы

Материалы, изготавливаемые на основе полимеров, способные приобретать при нагревании заданную форму и сохранять ее после охлаждения. Как правило, пластмасса — это смесь нескольких веществ; полимер — это лишь одно из них, но самое важное. Именно он связывает все компоненты пластмассы в единое, более или менее однородное, целое. Поэтому полимер называют связующим.

### Волокна

Полимеры линейного строения, которые пригодны для изготовления нитей, жгутов, текстильных материалов.

Природные волокна по происхождению делят на:

- 1) Растительные (хлопок, лен, пенька и т.д.);
- 2) Животные (шерсть, шелк);
- 3) Минеральные (асбест).

Химические волокна получают из растворов или расплавов волокнообразующих полимеров. Их подразделяют на:

- 1) Искусственные, которые получают из природных полимеров или продуктов их переработки, главным образом, из целлюлозы и ее эфиров (вискозные, ацетатные и др.);
- 2) Синтетические, которые получают из синтетических полимеров (капрон, лавсан, энант, нейлон и др.).

### Природные источники углеводов

Существует два основных источника углеводов:

- 1) Природный газ — смесь газов, образовавшихся в недрах Земли при анаэробном разложении органических веществ. Основу природного газа составляет метан ( $\text{CH}_4$ ). Топливо, химическое сырье.
- 2) Нефть - природная маслянистая горючая жидкость, состоящая из смеси УВ различной молекулярной массы. Переработка нефти в различных фракциях (перегонка) для получения различных веществ представлена (рис.14):
3. Попутный нефтяной газ – «шапка» над нефтью. Топливо, химическое сырье.
4. Уголь – полезное ископаемое, образуется в результате разложения погибших растений без доступа воздуха.

Коксование — прокаливание каменного угля без доступа воздуха. В результате сложных физических и химических превращений образуется твердый, спекшийся продукт — кокс и прямой коксовый газ.

### Загрязнение окружающей среды

<b>Фракции</b>	<b>Температура кипения, °С</b>
Бензин (от <i>фр.</i> benzine)	90-200
Лигроин, нафта (происхождение первого названия неизвестно; слово «нафта» произошло от <i>перс.</i> «нафт» – «яма»)	150-230
Керосин (от <i>греч.</i> «керос» – «воск»)	180-300
Лёгкий газойль (от <i>англ.</i> gas oil – «бензиновое масло»)	230-350
Тяжёлый газойль	350-430
Мазут (от <i>араб.</i> «махзу-лат» – «отбрось»)	>430

Рис. 14:

К сожалению, на данном этапе развития промышленности нельзя отрицать того факта, что работа заводов, предприятий, получение энергии и многие другие необходимые процессы сопровождаются нанесением вреда природе. Это касается и агротехнологии. Важно принимать во внимания и стараться не допускать развития таких эффектов, как, например:

1) Парниковый эффект: процесс в атмосфере, при котором падающий видимый свет пропускается, а инфракрасный — поглощается, что повышает температуру у поверхности Земли и наносит вред всей природе. Загрязнение – избыток углекислого газа.

2) Разрушение озонового слоя: процесс понижения количества озона в атмосфере на высоте примерно 25 км (в стратосфере). Там озон и кислород взаимно переходят друг в друга ( $O_2 \leftrightarrow O_3$ ) под действием ультрафиолетового излучения Солнца и не пропускают это излучение к поверхности Земли, что спасает весь живой мир от исчезновения. Образование «озоновых дыр» вызывается фреонами и нитрозными газами, которые поглощают УФ-излучение вместо озо-

на и нарушают равновесие.

3) Кислотные дожди: атмосферные осадки, которые содержат кислоты из-за поглощения облаками диоксида серы и оксидов азота. Источник загрязнения – промышленный выброс газов, двигатели сверхзвуковых самолетов. Это приводит к повреждению листовых растений, коррозии металлов, закислению почв и воды.

4) Общее загрязнение атмосферы: кроме оксидов азота и серы в атмосферу выбрасываются еще и другие газы. Углерод образует два оксида: углекислый и угарный газ. Угарный газ — яд. Основные поставщики вредных газов — автомобили. Существует много других видов загрязнения окружающей среды, например сточные воды с токсичными отходами, вещества с высокой стойкостью (пестициды, тяжелые металлы, полиэтилен и т. д.) промышленные дым и пыль, автомобильный транспорт, танкеры с нефтью.

5) Радиоактивное загрязнение

### Примеры задания № 25

#### **Задание 1**

Установите соответствие между металлом и основным способом его получения в промышленности: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### **МЕТАЛЛ**

- А) золото
- Б) алюминий
- В) железо

#### **СПОСОБ ПРОМЫШЛЕННОГО ПОЛУЧЕНИЯ**

- 1) восстановление оксида металла
- 2) электролиз раствора соли
- 3) электролиз расплава соли или оксида
- 4) выделение чистого металла из руды

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими бук-

вами.

А	Б	В

### Решение

Установим соответствие:

- А) Золото получают путем выделения чистого металла из руды(4);  
Б) Алюминий получают при электролизе расплава соли или оксида (3);  
В) Железо получают при восстановлении оксида металла(1).

Ответ: 431.

### Задание 2

Установите соответствие между веществом и областью его применения: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### ВЕЩЕСТВО

- А) уксусная кислота  
Б) оксид кремния  
В) гидроксид натрия

#### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

- 1) производство пластмасс  
2) металлургия  
3) производство бумаги  
4) производство цемента

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

А	Б	В

### Решение

Установим соответствие:

- А. Уксусную кислоту применяют при производстве пластмасс; (1)  
Б. Оксид кремния - в природе называемый "песок" - является одним

из компонентов цемента; (4)

В. Гидроксид натрия используется при производстве бумаги для ее отбеливания. (3)

Ответ: 143.

## 6 Массовая доля и растворимость

Для успешного решения задания №26 нужно уметь проводить расчёты с использованием понятий «растворимость», «массовая доля вещества в растворе».

Приведенные далее понятия уже, скорее всего, знакомы читателю, но тем-не-менее, свободное владение этой информацией необходимо для базовой работы в любой лаборатории. Первое, что необходимо знать при подготовке к проведению реакции – это понятия «раствора», «растворителя» и «растворенного вещества».

Раствор – это однородная (гомогенная) система, которая содержит не менее двух веществ.

Растворитель - вещество, которого в растворе больше.

Растворенное вещество – остальные компоненты.

Газы неограниченно смешиваются друг с другом. Жидкости также могут неограниченно смешиваться друг с другом. Жидкости разной природы плохо растворимы друг в друге. Твёрдые вещества всегда ограничено растворимы в жидкостях.

Вода – полярный растворитель, в ней хорошо растворимы газы, жидкости и твёрдые вещества с полярным или ионным типом связи.

Насыщенный раствор - находящийся в равновесии с растворяемым веществом.

Ненасыщенный раствор - можно растворить добавочное количество вещества.

Концентрированный раствор - с большим содержанием растворённого вещества.

Разбавленный – с малым.

Для понимания термина «насыщенный раствор» можно провести простой опыт в домашних условиях. Для этого понадобятся только поваренная соль и вода. При добавлении соли в воду она растворяется, а вода, соответственно, становится соленой, получается раствор. Но после добавление какого-то определенного количества поваренной соли без дополнительной помощи уже не произойдет растворения. В качестве такой помощи могут выступать, например, нагрев или перемешивание. При этом, если нагретый раствор с растворенным в нем большим количеством соли остынет, то соль выпадет в осадок, потому что раствор пересыщен и система за счет осадка возвращается в состояние равновесия.

Массовая доля (процентная концентрация) - отношение массы растворённого вещества  $X$  к общей массе раствора.

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m(p-p)}$$

Единицы измерения: доли единицы или проценты.

Молярная концентрация (молярность) - число молей растворённого вещества  $X$ , содержащееся в одном литре раствора.

$$C(X) = \frac{\nu(X)}{V(p-p)}$$

где  $V$  - объём раствора (в литрах).

Единицы измерения: моль/л. Обозначают  $M$ .

Молярная концентрация растворённого вещества и его массовая доля связаны соотношениями:

$$C(X) = \frac{1000 \cdot \omega(X) \cdot \rho(p-p)}{M(X)}$$

$$\omega(X) = \frac{C(X) \cdot M(X)}{1000\rho}$$

Растворимость (коэффициент растворимости) - показывает максимально возможную массу вещества, способного раствориться в 100

г растворителя при данной температуре:

$$S = \frac{m(\text{в-во})}{m(\text{р-ль})} \cdot 100$$

Массовая доля вещества в насыщенном растворе связана с растворимостью соотношением:

$$\omega = \frac{s}{(s + 100)}$$

### Примеры задания №26

#### **Задание 1**

Сколько граммов воды следует добавить к 600г 10%-ного раствора нитрата аммония, чтобы массовая доля соли стала равной 3%? (Запишите число с точностью до целых.)

#### **Решение**

Масса раствора, масса растворённого вещества и массовая доля растворённого вещества связаны соотношением:

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m(\text{р-р})}$$

Пусть масса воды, которую следует добавить  $x$  г. Тогда получим выражение:

$$0,03 = \frac{0,1 \cdot 600}{600 + x}$$
$$x = 1400$$

Ответ: 1400.

#### **Задание 2**

В 115г насыщенного при определённой температуре раствора карбоната калия содержится 62г соли. Чему равна растворимость карбоната калия при этой температуре (в г соли на 100г воды)? (Запишите число с точностью до целых.)

### Решение

Масса раствора, масса растворённого вещества и массовая доля растворённого вещества связаны соотношением:

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m(p-p)}$$

Растворимость- постоянная величина для вещества при одинаковой температуре. Найдём массовую долю карбоната калия в насыщенном растворе:

$$\omega(K_2CO_3) = \frac{62}{115} = 0,539\%$$

Соответственно, в 100г воды содержится:

$$0,539 = \frac{m(K_2CO_3)}{m(K_2CO_3) + 100}$$

$$m(K_2CO_3) = 117г$$

Ответ: 117.

## 7 Тепловой эффект реакции

Для успешного решения задания №27 нужно уметь проводить расчёты теплового эффекта (по термохимическим уравнениям).

Понимание влияния теплового эффекта реакции важно для контроля поведения организмов. Так, например, всем известно, что при нагревании до температур выше  $40^{\circ}\text{C}$  происходит частичная или полная необратимая денатурация белка. Поэтому системы, разрабатываемые для исследования роста и развития культур клеток, снабжаются охлаждательными элементами, теплоотводом.

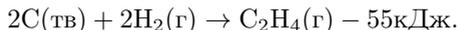
Тепловой эффект (теплота реакции)  $Q$  - количество теплоты, выделяющееся или поглощаемое химической системой при протекании реакции. Размерность: кДж или ккал ( $1 \text{ ккал} = 4,184 \text{ кДж}$ ,  $1 \text{ кДж} = 1000 \text{ Дж}$ .)

Химические реакции и переходы между различными состояниями веществ происходят с выделением или поглощением теплоты, так как исходные вещества и продукты содержат разное количество энергии.

Если во время реакции выделяется теплота, то теплота реакции считается положительной ( $Q > 0$ ) → реакция экзотермическая:



Если теплота поглощается, теплота реакции считается отрицательной ( $Q < 0$ ) реакция называется эндотермическая:



Оба примера уравнений называются термохимическим уравнением.

Термохимическое уравнение – это уравнение реакции, в котором приводится тепловой эффект.

В термохимических уравнениях:

1) Обязательно указывают агрегатные состояния веществ, так как разные агрегатные состояния одного вещества имеют разную энергию;

- 2) Коэффициенты равны мольному количеству веществ, вступивших в реакцию;
- 3) При пересчете теплового эффекта на другое количество вещества тепловой эффект прямо пропорционален количеству вещества.

### Примеры задания №27

#### **Задание 1**

Теплота образования хлороводорода из простых веществ равна 92кДж/моль. Сколько теплоты (в кДж) выделится при взаимодействии 4,48л (н.у.) водорода с избытком хлора? (Запишите число с точностью до десятых.)

#### **Решение**

Составим пропорцию

$$\begin{array}{rcl}
 4,48\text{л} & & x \text{ кДж} \\
 \text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl} + \text{Q} & & \\
 22,4 \text{ л} & & 2 \cdot 92\text{кДж}
 \end{array}$$

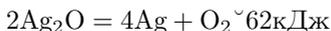
Из пропорции получаем:

$$x = \frac{4,48 \cdot 2 \cdot 92}{22,4} = 36,8$$

Ответ: 36,8 кДж.

#### **Задание 2**

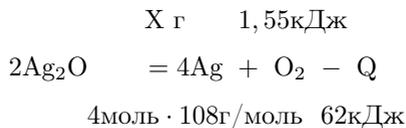
Разложение оксида серебра описывается термохимическим уравнением:



При разложении навески оксида серебра поглотилось 1,55 кДж теплоты. Сколько граммов серебра образовалось? (Запишите число с точностью до десятых.)

#### **Решение**

Составим пропорцию:



Из пропорции получаем:

$$x = \frac{4 \cdot 108 \cdot 1,55}{62} = 10,8.$$

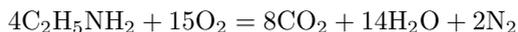
Ответ: 10,8г.

### Задание 3

После полного сжигания этиламина и охлаждения продуктов сгорания до комнатной температуры образовалась смесь двух газов общим объёмом 25л. Чему равен объём углекислого газа в этой смеси (в л)? В ответ запишите целое число.

### Решение

Запишем уравнение реакции:



Объёмы газов, вступающих в реакцию и образующихся в результате реакции, соотносятся как небольшие целые числа, равные стехиометрическим коэффициентам в уравнениях реакций. Следовательно:

$$\frac{V(\text{CO}_2)}{V(\text{N}_2)} = \frac{4}{1}$$

При этом всего образовалось 25 литров газа. Следовательно, выделилось 20 литров углекислого газа.

Ответ: 20л.

## 8 Задачи с расчетом массы вещества или объёма газа

Для успешного решения задания №28 нужно уметь проводить расчёты массы вещества или объёма газов по известному количеству вещества, массе или объёму одного из участвующих в реакции веществ, массовой или объёмной доли выхода продукта реакции от теоретически возможного, массовой доли (массы) химического соединения в смеси.

Как мы помним,

Смеси - вещества, состоящие из двух и более индивидуальных веществ.

Помимо концентрации или массовой доли для более точного описания вклада вещества в смесь используются следующие понятия:

Молярная доля:

$$\chi(A) = \frac{\nu(A)}{(\nu(A) + \nu(B) + \dots)}$$

Объёмная доля (для газов):

$$\varphi(A) = \frac{V(A)}{(V(A) + V(B) + \dots)}$$

Для газов  $\chi = \varphi$ . Доли не зависят от общего количества смеси.

Средняя молярная масса:

$$M_{\text{ср}} = \frac{m_{\text{общ}}}{\nu_{\text{общ}}} = \frac{\nu_1 M_1 + \nu_2 M_2}{\nu_1 + \nu_2} = \chi_1 M_1 + \chi_2 M_2$$

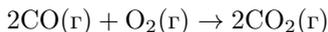
Примеры задания №28

### Задание 1

При окислении 150л оксида углерода(II) образовалось 123,2л оксида углерода(IV). Вычислите объёмную долю примесей (%) в исходном угарном газе. Объёмы газов измерены при одинаковых нормальных условиях. (Запишите число с точностью до десятых.)

## Решение

Запишем уравнение реакции:



Вычислим количество углекислого газа, образовавшегося в результате реакции:

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{123,2\text{л}}{22,4\text{л/моль}} = 5,5\text{моль}$$

Согласно уравнению реакции, из 2моль угарного газа образуется 2моль углекислого газа. Тогда для образования 5,5моль углекислого газа потребовалось 5,5моль угарного газа. Найдем его объём:

$$V(\text{CO}) = \nu \cdot V_m = 5,5\text{моль} \cdot 22,4\text{л/моль} = 123,2\text{л}$$

Следовательно, в исходном угарном газе содержится  $150 - 123,2 = 26,8$  л примесей. Найдем их объемную долю (с учетом округления до десятых):

$$\varphi(\text{CO}) = \frac{V(\text{примес.})}{V} \cdot 100\% = \frac{26,8}{150} \cdot 100\% = 17,86667\% \text{ или } 17,9\%$$

Ответ: 17,9

## Задание 2

Вычислите объём (н.у.) хлора, необходимый для полного окисления 12,7г дихлорида железа. Ответ укажите в литрах с точностью до сотых.

## Решение



$$\nu(\text{FeCl}_2) = 2\nu(\text{Cl}_2)$$

$$\frac{m(\text{FeCl}_2)}{M(\text{FeCl}_2)} = \frac{2V(\text{Cl}_2)}{V_M}$$

$$V(\text{Cl}_2) = \frac{m(\text{FeCl}_2) \cdot V_M}{2M(\text{FeCl}_2)} = \frac{12,7 \cdot 22,4}{2 \cdot 127} = 1,12(\text{л})$$

Ответ просят округлить до сотых.

Ответ: 1,12л.

## 9 Окислитель и восстановитель

Для успешного решения задания №29 нужно уметь проводить расчёты на основании теории по темам «Окислитель и восстановитель. Реакции окислительно-восстановительные».

Этот пункт основывается на теории п.18.

Давайте рассмотрим суть и последовательность метода электронного баланса, который используется для уравнивания окислительно-восстановительных химических реакций:

1. Подсчет степени окисления каждого элемента;
2. Запись уравнения с указанием вычисленных степеней окисления;
3. Выделение элементов, степень окисления которых изменилась;
4. Составление электронного баланса;
5. Нахождение наименьшего общего кратного;
6. Запись найденных коэффициентов в уравнение;

Правила определения степени окисления химических элементов:

1. Степень окисления элемента в простом веществе равняется 0;
2. Сумма степеней окисления всех атомов, входящих в состав частицы (молекул, ионов и т. д.) = заряду этой частицы;
3. Сумма степеней окисления всех атомов в составе нейтральной молекулы равна 0;
4. Если соединение образовано двумя элементами, то у элемента с большей электроотрицательностью степень окисления  $< 0$ , а у элемента с меньшей электроотрицательностью  $> 0$ ;
5. Максимальная положительная ст. ок. любого элемента = номеру группы в периодической системе элементов, а минимальная отрицательная =  $N - 8$ , где  $N$  – номер группы;
6. Степень окисления F в соединениях = -1;
7. Степень окисления щелочных металлов = +1;
8. Степень окисления металлов главной подгруппы II группы периодической системы = +2;
9. Степень окисления Al = +3.;
10. Степень окисления H в соединениях = +1 (кроме NaH, CaH<sub>2</sub>, в этих соединениях ст. ок. у = -1)
11. Степень окисления O = -2 (кроме H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, BaO<sub>2</sub> в них ст. ок. = -1, а в соединении с F = +2)

Далее давайте рассмотрим пример решения типового задания.

Задание: Методом электронного баланса подберите коэффициенты для окислительно-восстановительной реакции:



1. Подсчитаем степень окисления для каждого элемента, входящего в химическую реакцию.

А) Ag изначально нейтрально, то есть имеет степень окисления 0.  
Б) Для  $\text{HNO}_3$  определим степень окисления - сумму степеней окисления каждого из элементов. Степень окисления  $\text{H} = +1$ , кислорода  $-2$ , следовательно, степень окисления  $\text{N}$  равна:

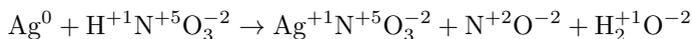
$$0 - (+1) - (-2) \cdot 3 = +5$$

В) Для  $\text{AgNO}_3$  степень окисления  $\text{Ag} = +1$ ,  $\text{O} = -2$ , следовательно степень окисления  $\text{N}$ :

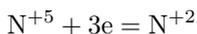
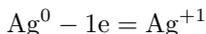
$$0 - (+1) - (-2) \cdot 3 = +5$$

Г) Для  $\text{NO}$  степень окисления  $\text{O} = -2$ , следовательно  $\text{N} = +2$ . Для  $\text{H}_2\text{O}$  степень окисления  $\text{H} = +1$ ,  $\text{O} = -2$ .

2. Запишем уравнение с указанием степеней окисления каждого из элементов, участвующих в химической реакции:



3. Запишем элементы, которые нужно сбалансировать, отдельно в виде электронного баланса - какой элемент и сколько теряет или приобретает электронов. Элементы, ст. ок. которых не изменилась, в данном расчете не участвуют.



Для балансировки нужно применить коэффициент 3 для Ag и 1 для N. Тогда число теряемых и приобретаемых электронов сравняется.

4. На основании полученного коэффициента для Ag, балансируем все уравнение с учетом количества атомов, участвующих в химической реакции.

А) В первоначальном уравнении перед Ag ставим тройку, что требует такого же коэффициента перед  $\text{AgNO}_3$ .

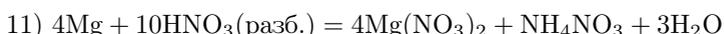
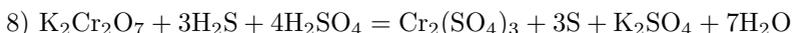
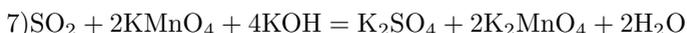
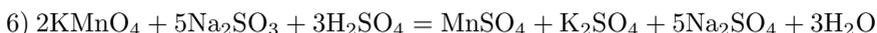
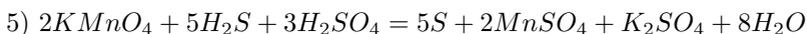
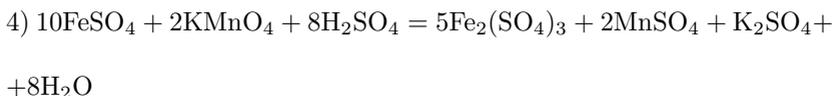
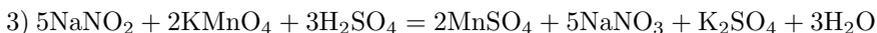
Б) Возникает дисбаланс по количеству атомов N. В правой части их 4, в левой - 1. Поэтому ставим перед  $\text{HNO}_3$  коэффициент 4.

В) Теперь остается уравнивать 4 атома водорода слева и два - справа. Решаем это путем применения коэффициента 2 перед  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ответ:



Далее представлены основные окислительно-восстановительные реакции, стоит их выучить, чтобы уверенно использовать:



- 12)  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Br}_2 + 16\text{NaOH} = 6\text{NaBr} + 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$
- 13)  $\text{Al}_2\text{S}_3 + 30\text{HNO}_3(\text{конц.}) = 2\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 24\text{NO}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$
- 14)  $6\text{FeSO}_4 + 2\text{HNO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$
- 15)  $\text{FeCl}_2 + 4\text{HNO}_3(\text{конц.}) = \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 2\text{HCl} + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 16)  $\text{AlP} + 11\text{HNO}_3(\text{конц.}) = \text{H}_3\text{PO}_4 + 8\text{NO}_2 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 17)  $6\text{FeSO}_4 + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$
- 18)  $3\text{MnSO}_4 + 2\text{KClO}_3 + 12\text{KOH} = 3\text{K}_2\text{MnO}_4 + 2\text{KCl} + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$
- 19)  $2\text{Al} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$
- 20)  $3\text{P}_2\text{O}_3 + 2\text{HClO}_3 + 9\text{H}_2\text{O} = 6\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{HCl}$
- 21)  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{KMnO}_4 + 16\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 6\text{K}_2\text{MnO}_4 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$
- 22)  $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{KNO}_3 + 4\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 3\text{KNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 23)  $2\text{NaNO}_2 + 2\text{NaI} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{NO} + \text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 24)  $8\text{KI} + 9\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) = 4\text{I}_2 + \text{H}_2\text{S} + 8\text{KHSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 25)  $\text{Cu} + 2\text{FeCl}_3 = \text{CuCl}_2 + 2\text{FeCl}_2$
- 26)  $3\text{PH}_3 + 4\text{HClO}_3 = 3\text{H}_3\text{PO}_4 + 4\text{HCl}$
- 27)  $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NO} + 2\text{HNO}_3$
- 28)  $\text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_3 + 2\text{KOH} = 2\text{KI} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 29)  $2\text{NH}_3 + 3\text{KClO} = \text{N}_2 + 3\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$

- 30)  $6P + 5HClO_3 + 9H_2O = 5HCl + 6H_3PO_4$
- 31)  $3P + 5HNO_3 + 2H_2O = 3H_3PO_4 + 5NO$
- 32)  $Ca(ClO)_2 + 4HCl = CaCl_2 + 2Cl_2 + 2H_2O$
- 33)  $3H_2S + HClO_3 = 3S + HCl + 3H_2O$
- 34)  $Fe_2(SO_4)_3 + 2KI = 2FeSO_4 + I_2 + K_2SO_4$
- 35)  $2KMnO_4 + KI + H_2O = 2MnO_2 + KIO_3 + 2KOH$
- 36)  $I_2 + 10HNO_3(\text{конц.}) = 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$
- 37)  $3As_2S_3 + 28HNO_3 + 4H_2O = 6H_3AsO_4 + 28NO + 9H_2SO_4$
- 38)  $4Mg + 5H_2SO_4(\text{конц.}) = 4MgSO_4 + H_2S + 4H_2O$
- 39)  $MnO_2 + 2KBr + 2H_2SO_4 = MnSO_4 + Br_2 + K_2SO_4 + 2H_2O$
- 40)  $5HCOH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 = 5CO_2 + 2K_2SO_4 + 4MnSO_4 + 11H_2O$
- 41)  $3KNO_2 + 2KMnO_4 + H_2O = 3KNO_3 + 2MnO_2 + 2KOH$
- 42)  $NaClO + 2KI + H_2SO_4 = I_2 + NaCl + K_2SO_4 + H_2O$
- 43)  $2KNO_3 + 6KI + 4H_2SO_4 = 2NO + 3I_2 + 4K_2SO_4 + 4H_2O$
- 44)  $14HCl + K_2Cr_2O_7 = 3Cl_2 + 2CrCl_3 + 2KCl + 7H_2O$
- 45)  $2Cr(OH)_3 + 3Cl_2 + 10KOH = 2K_2CrO_4 + 6KCl + 8H_2O$
- 46)  $K_2MnO_4 + 8HCl = MnCl_2 + 2Cl_2 + 2KCl + 4H_2O$
- 47)  $K_2Cr_2O_7 + 3Na_2SO_3 + 4H_2O = 2Cr(OH)_3 + 3Na_2SO_4 + 2KOH$
- 48)  $2KMnO_4 + 10KBr + 8H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 5Br_2 + 6K_2SO_4 + 8H_2O$
- 49)  $4Zn + KNO_3 + 7KOH = NH_3 + 4K_2ZnO_2 + 2H_2O$

- 50)  $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{Br}_2 + 10\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 6\text{KBr} + 8\text{H}_2\text{O}$
- 51)  $\text{P}_2\text{O}_3 + 6\text{KOH} + 2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + 2\text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 52)  $2\text{KMnO}_4 + 2\text{NH}_3 = 2\text{MnO}_2 + \text{N}_2 + 2\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 53)  $3\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} = 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnO}_2 + 2\text{KOH}$
- 54)  $3\text{NaNO}_2 + \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 8\text{HNO}_3 = 5\text{NaNO}_3 + 2\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 55)  $\text{B} + \text{HNO}_3(\text{конц.}) + 4\text{HF} = \text{NO} + \text{HBF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 56)  $2\text{CuCl}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{CuCl} + 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$
- 57)  $\text{PH}_3 + 8\text{AgNO}_3 + 4\text{H}_2\text{O} = 8\text{Ag} + \text{H}_3\text{PO}_4 + 8\text{HNO}_3$
- 58)  $2\text{NH}_3 + 6\text{KMnO}_4 + 6\text{KOH} = \text{N}_2 + 6\text{K}_2\text{MnO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$
- 59)  $5\text{Zn} + 2\text{KMnO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{ZnSO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$
- 60)  $3\text{KNO}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 8\text{HNO}_3 = 5\text{KNO}_3 + 2\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 61)  $\text{FeS} + 12\text{HNO}_3(\text{конц.}) = \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 9\text{NO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$
- 62)  $\text{KIO}_3 + 5\text{KI} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{I}_2 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 63)  $2\text{NaCrO}_2 + 3\text{Br}_2 + 8\text{NaOH} = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 6\text{NaBr} + 4\text{H}_2\text{O}$
- 64)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{FeSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$
- 65)  $3\text{P}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 4\text{CrPO}_4$
- 66)  $3\text{Si} + 4\text{HNO}_3 + 18\text{HF} = 3\text{H}_2\text{SiF}_6 + 4\text{NO} + 8\text{H}_2\text{O}$
- 67)  $5\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{нед.}) + 2\text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 68)  $2\text{CrBr}_3 + 3\text{H}_2\text{O}_2 + 10\text{NaOH} = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 6\text{NaBr} + 8\text{H}_2\text{O}$

- 69)  $8\text{KMnO}_4 + 5\text{PH}_3 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{H}_3\text{PO}_4 + 8\text{MnSO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$
- 70)  $3\text{SO}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 71)  $3\text{P}_2\text{O}_3 + 4\text{HNO}_3 + 7\text{H}_2\text{O} = 6\text{H}_3\text{PO}_4 + 4\text{NO}$
- 72)  $2\text{NO} + 3\text{KClO} + 2\text{KOH} = 2\text{KNO}_3 + 3\text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
- 73)  $5\text{PH}_3 + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{H}_3\text{PO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{MnSO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$
- 74)  $5\text{AsH}_3 + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{H}_3\text{AsO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{MnSO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$
- 75)  $2\text{CuI} + 4\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) = 2\text{CuSO}_4 + \text{I}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$
- 76)  $\text{Si} + 2\text{KOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2$
- 77)  $\text{B} + 3\text{HNO}_3 = \text{H}_3\text{BO}_3 + 3\text{NO}_2$
- 78)  $8\text{NH}_3 + 3\text{Br}_2 = \text{N}_2 + 6\text{NH}_4\text{Br}$
- 79)  $\text{P}_4 + 3\text{KOH} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{PH}_3 + 3\text{KH}_2\text{PO}_2$
- 80)  $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{CO}$
- 81)  $\text{H}_2\text{S} + \text{HClO} = \text{S} + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$
- 82)  $5\text{KNO}_3(\text{расплав}) + 2\text{P} = 5\text{KNO}_2 + \text{P}_2\text{O}_5$
- 83)  $\text{I}_2 + 5\text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{HIO}_3 + 10\text{HCl}$
- 84)  $\text{H}_2\text{S} + 4\text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{HCl}$
- 85)  $8\text{Zn} + 5\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7 = 8\text{ZnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$
- 86)  $2\text{FeCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{S} = 2\text{FeS} + \text{S} + 6\text{NaCl}$

- 87)  $\text{Na}_2\text{S} + 8\text{NaNO}_3 + 9\text{H}_2\text{SO}_4 = 10\text{NaHSO}_4 + 8\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 88)  $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{NaNO}_3 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 3\text{NaNO}_2 + 2\text{CO}_2$
- 89)  $5\text{C} + \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{SiO}_2 = 2\text{P} + 5\text{CO} + 3\text{CaSiO}_3$
- 90)  $2\text{NaI} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 91)  $14\text{HBr} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = 2\text{CrBr}_3 + 3\text{Br}_2 + 7\text{H}_2\text{O} + 2\text{KBr}$
- 92)  $2\text{NH}_3 + 2\text{KMnO}_4(\cdot) = \text{N}_2 + 2\text{MnO}_2 + 2\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 93)  $2\text{FeCl}_3 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$
- 94)  $2\text{HMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{S} + 2\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$
- 95)  $3\text{KNO}_3 + 8\text{Al} + 5\text{KOH} + 18\text{H}_2\text{O} = 3\text{NH}_3 + 8\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$
- 96)  $5\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{O}_2 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$
- 97)  $\text{P}_4 + 20\text{HNO}_3 = 4\text{H}_3\text{PO}_4 + 20\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 98)  $3\text{NaClO} + 4\text{NaOH} + \text{Cr}_2\text{O}_3 = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 3\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 99)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 100)  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}_2 + 10\text{NaOH} = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$

### Примеры задания №29

#### **Задание 1**

Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми окислительно-восстановительная реакция протекает с образованием двух кислот. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций с участием выбранных веществ. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель.

Используйте следующий перечень веществ: хлор, сероводород, гид-

роксид марганца(II), гидроксид натрия, иодид серебра, сульфат меди(II). Допустимо использование водных растворов веществ.

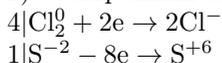
### Решение

Для начала запишем формулы данных веществ:  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{AgI}$ ,  $\text{CuSO}_4$

1) Уравнение реакции:



2) Электронный баланс:



3) Сера в степени окисления-2 (или  $\text{H}_2\text{S}$ ) является восстановителем. Хлор в степени окисления 0 (или  $\text{Cl}_2$ ) является окислителем.

### Задание 2

Из предложенного перечня веществ выберите три вещества, окислительно-восстановительная реакция между которыми протекает с образованием желтого раствора. Ни осадка, ни газа при этом образуется. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций с участием выбранных веществ. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель.

Используйте следующий перечень веществ: хлорид хрома(III), гидроксид калия, бром, хлороводород, перманганат натрия, нитрат аммония. Допустимо использование водных растворов веществ.

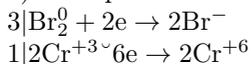
### Решение

Для начала запишем формулы данных веществ:  $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaMnO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$

1) Уравнение реакции:



2) Электронный баланс:



3) Хром в степени окисления +3 (или  $\text{CrCl}_3$ ) является восстановителем. Бром в степени окисления 0 (или  $\text{Br}_2$ ) является окислителем.

## 10 Электrolитическая диссоциация

Для успешного решения задания №30 нужно уметь проводить расчёты на основании теории по темам «Электrolитическая диссоциация электролитов в водных растворах. Сильные и слабые электролиты. Реакции ионного обмена».

Электrolитическая диссоциация – это процесс полного или частичного распада молекул на ионы: положительно заряженные частицы (катионы) и отрицательно заряженные частицы (анионы). Происходит она при растворении или плавлении вещества вследствие взаимодействия растворённого вещества с растворителем. Это обратимый процесс. Наряду с диссоциацией протекает процесс соединения ионов в молекулы – ассоциация.

Степень диссоциации - отношение числа диссоциированных молекул к общему числу растворённых молекул.

$$\alpha = \frac{n}{N}$$

где n-число распавшихся (диссоциированных) молекул, N-общее число молекул.

Электrolиты - вещества, водные растворы или расплавы которых проводят электрический ток за счёт образовавшихся ионов.

Бывают:

1) Сильные –  $\alpha = 30-100\%$ :

А) Растворимые соли ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{KCl}$  и т.д.)

Б) Щелочи ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$  и т.д.)

В) Гидроксиды щелочноземельных металлов ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ )

Г) Сильные кислоты ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и т.д.)

2) Средние по силе -  $\alpha = 2-30\%$ :

Некоторые кислоты ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ )

3) Слабые –  $\alpha < 2\%$

А) Нерастворимые соли

Б) Нерастворимые основания

В) Слабые кислоты ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$  и т.п.)

Г) Органические кислоты ( $\text{CH}_3\text{COOH}$  и т.п.)

Неэлектролиты - вещества, водные растворы или расплавы которых не проводят электрический ток.

Также возможна реакция гидратации:

Гидратация – это процесс образования соединений ионов с молекулами воды.

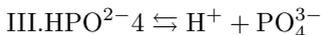
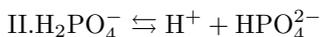
Гидраты - непрочные соединения веществ с водой, существующие в растворе.

Гидратированный ион - ион, окружённый гидратной оболочкой.

Диссоциация кислот

Кислоты при диссоциации выделяют в раствор катионы  $\text{H}^+$ .

Многоосновные кислоты диссоциируют ступенчато



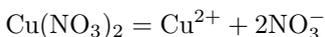
Диссоциация оснований

Основания при диссоциации выделяют в раствор гидроксид-ионы  $\text{OH}^-$ . Диссоциация нерастворимых оснований не происходит.



Диссоциация солей

Средние соли при диссоциации выделяют в раствор любые катионы, кроме  $\text{H}^+$ , и любые анионы, кроме  $^-$ .



Реакции между электролитами представляют собой реакции между ионами, которые образовались при их диссоциации, их записывают в молекулярном и в ионном виде. Протекают всегда в сторону наиболее полного связывания ионов.

Ионные реакции протекают практически необратимо, если образуются:

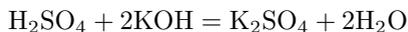
- 1) Малорастворимые вещества (выпадает осадок);
- 2) Легколетучие вещества (выделяется газ);
- 3) Слабые электролиты (в том числе и вода).

В ионных уравнениях:

- 1) Электролиты записывают в ионном виде;
- 2) Неэлектролиты и слабые электролиты — в молекулярном виде;
- 3) В ионном уравнении сумма зарядов ионов в левой части и правой части равны.

Применяемые виды уравнений:

- 1) Молекулярное уравнение – обычная запись химической реакции:



- 2) Полное ионное уравнение – запись химической реакции, учитывая ионы:



- 3) Краткое ионное уравнение – включает только не повторяющиеся слева и справа ионы и соединения:



Примеры задания №30

### **Задание 1**

Из предложенного перечня выберите вещества, которые вступают в реакцию ионного обмена с образованием осадка. Запишите молекулярное, полное и сокращённое ионные уравнения реакции с участием выбранных веществ.

Используйте следующий перечень веществ: ацетат серебра, оксид

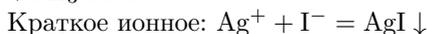
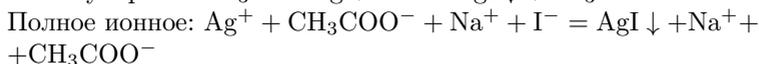
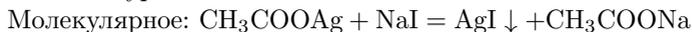
марганца(II), иодид натрия, хлорат натрия, фторид калия, серная кислота. Допустимо использование водных растворов веществ.

### Решение

Для начала запишем формулы данных веществ:



Запишем уравнения:



### Задание 2

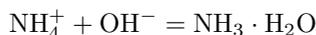
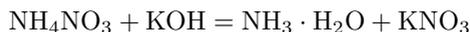
Из предложенного перечня выберите два вещества, реакция ионного обмена между которыми сопровождается образованием слабого растворимого основания. Запишите молекулярное, полное и сокращённое ионное уравнения реакции с участием выбранных веществ. Используйте следующий перечень веществ: хлорид хрома(III), гидроксид калия, бром, хлороводород, перманганат натрия, нитрат аммония. Допустимо использование водных растворов веществ.

### Решение

Для начала запишем формулы данных веществ:



Запишем уравнения:



### Задание 3

Из предложенного перечня выберите вещества, которые вступают в реакцию ионного обмена с образованием осадка, но без выделения газа. В ответ запишите уравнение только одной из возможных реакций. Запишите молекулярное, полное и сокращённое ионное уравнения реакции с участием выбранных веществ.

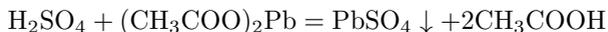
Для выполнения заданий 29 и 30 используйте следующий перечень веществ: серная кислота, оксид магния, карбонат натрия, хлорид меди(I), аммиачная вода, ацетат свинца(II). Допустимо использование водных растворов веществ и воды в качестве среды для протекания реакций.

### Решение

Для начала запишем формулы данных веществ:

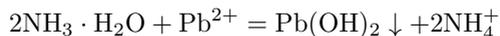
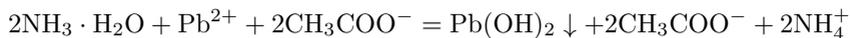
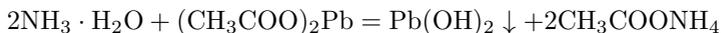


Запишем уравнения:



Поскольку уксусная кислота- слабый электролит, сокращённое ионное уравнение совпадает с полным ионным.

Засчитывается также альтернативная реакция:



## 11 Реакции с неорганическими соединениями

Для успешного решения задания №31 нужно уметь знать реакции, подтверждающие взаимосвязь различных классов неорганических веществ.

Решение заданий на реакции с неорганическими соединениями основывается на знании теории из п. 6, п. 7 и п. 8.

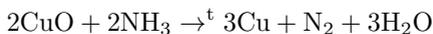
Рассмотрим некоторые возможные варианты заданий:

### Задание 1

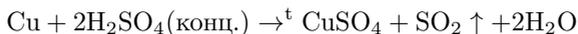
Аммиак пропустили над нагретым оксидом меди(II), при этом образовалось твёрдое вещество, которое растворили в концентрированной серной кислоте при нагревании. Образовавшуюся соль выделили и добавили к раствору хлорида бария. Выпавший осадок отфильтровали, а к оставшемуся раствору добавили раствор иодида калия. Напишите уравнения описанных реакций.

### Решение

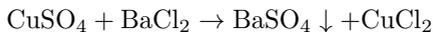
1) Оксид меди(II) восстанавливается до металлической меди под действием различных восстановителей, например аммиака:



2) Медь растворяется в концентрированной серной кислоте:



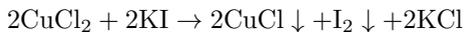
3) Между растворами сульфата меди(II) и хлорида бария происходит реакция ионного обмена с выпадением осадка:



4) При добавлении к раствору хлорида меди(II) раствора иодида калия образуется соль одновалентной меди и выделяется молекулярный иод:



или

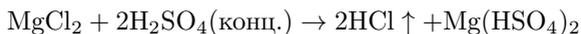


### Задание 2

На твёрдый хлорид магния подействовали концентрированной серной кислотой. Выделившийся при этом газ растворили в воде. При взаимодействии полученного концентрированного раствора с дихроматом калия выделился газ жёлто-зелёного цвета. Его пропустили через раствор хлорида железа(II), а к полученному раствору добавили раствор карбоната калия, при этом наблюдали выпадение осадка и выделение газа. Напишите уравнения описанных реакций.

### Решение

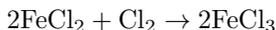
1) При действии концентрированной серной кислоты на твёрдый хлорид магния выделяется газообразный хлороводород и образуется кислая соль:



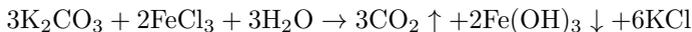
2) Концентрированный раствор хлороводорода (концентрированная соляная кислота) при взаимодействии с твёрдым дихроматом калия проявляет свойства восстановителя, превращаясь в хлор (газ жёлто-зелёного цвета):



3) Хлорид железа(II) окисляется хлором:



4) Вследствие полного гидролиза при смешивании растворов карбоната калия и хлорида железа(III) образуются углекислый газ и осадок гидроксида железа(III):



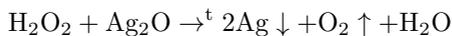
### Задание 3

При взаимодействии пероксида водорода и оксида серебра выделился газ, который прореагировал с сульфидом цинка при нагревании. Образовавшееся твёрдое вещество добавили в концентрированный раствор гидроксида натрия. Полученную соль выделили и

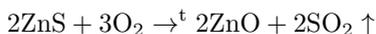
нагрели. Напишите уравнения описанных реакций.

### Решение

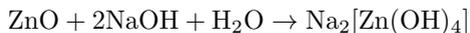
1) Пероксид водорода проявляет восстановительные свойства в реакции с оксидом серебра, при этом выделяется кислород и образуется металлическое серебро:



2) Выделившийся кислород участвует в окислительно-восстановительной реакции с сульфидом серы, окисляя её до диоксида:



3) Оксид цинка проявляет амфотерные свойства, реагируя с кислотами и щелочами. При растворении оксида цинка в концентрированном растворе щёлочи образуются комплексные соли- тетрагидроксоцинкаты:



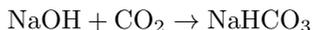
4) При прокаливании тетрагидроксоцинкаты, теряя воду, превращаются в цинкаты:



### Задание 4

Через раствор гидроксида натрия пропустили избыток углекислого газа. Полученное твёрдое вещество выделили из раствора, высушили и прокалили. Полученную соль растворили в воде и добавили к раствору бромида железа(III). Полученный осадок отделили и поместили в раствор иодоводородной кислоты. Напишите уравнения описанных реакций.

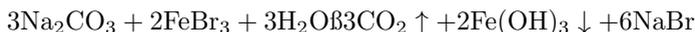
**Решение** 1) При пропускании через раствор щёлочи избытка углекислого газа образуется кислая соль:



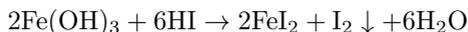
2) При прокаливании гидрокарбоната натрия образуется средняя соль:



3) Вследствие полного гидролиза при смешивании растворов карбоната натрия и бромида железа(III) образуются углекислый газ и осадок гидроксида железа(III):



4) Гидроксид железа(III) за счёт железа в степени окисления +3 окисляет ионы иода в иодоводородной кислоте:



### Задание 5

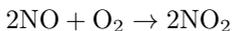
Аммиак нагрели с кислородом в присутствии катализатора. Полученное вещество прореагировало с кислородом, при этом образовался газ бурого цвета. Этот газ поглотили холодным раствором гидроксида натрия. Одно из полученных при этом веществ прореагировало с раствором перманганата калия в присутствии гидроксида калия. Напишите уравнения описанных реакций.

### Решение

1) Каталитическое окисление аммиака приводит к образованию оксида азота(II):



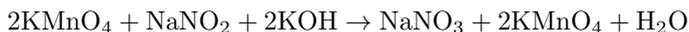
2) Оксид азота(II) легко окисляется кислородом воздуха с образованием бурого газа — оксида азота(IV):



3) Оксид азота(IV) — кислотный оксид, он реагирует с раствором щёлочи с образованием солей:



4) Перманганат калия окисляет нитрит натрия до нитрата:



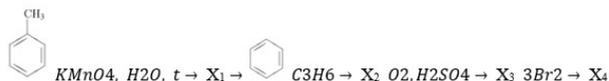
## 12 Реакции с органическими соединениями

Для успешного решения задания №32 нужно уметь знать реакции, подтверждающие взаимосвязь органических соединений.

Решение данного типа заданий основывается на теории из п. 13-15.

Рассмотрим некоторые из возможных вариантов цепочек.

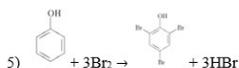
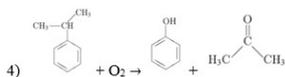
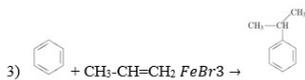
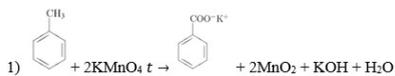
**Задание 1** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

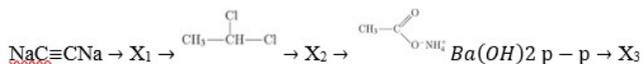
### Решение

Уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:



## Задание 2

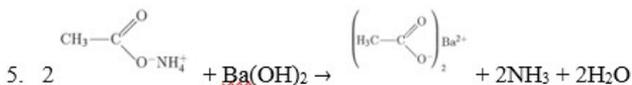
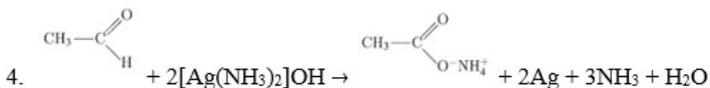
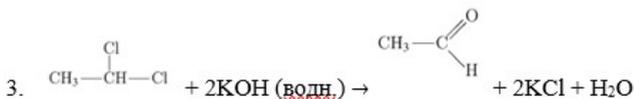
Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

## Решение

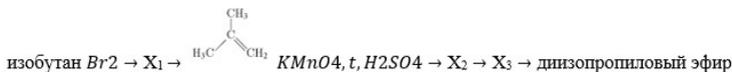
Уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:



## Задание 3

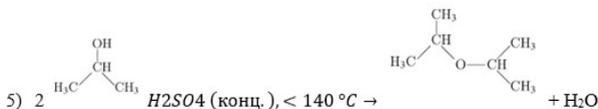
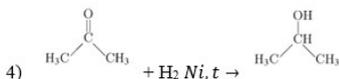
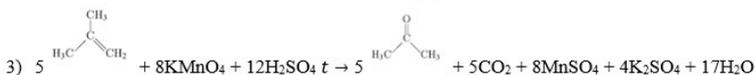
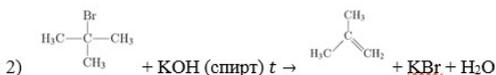
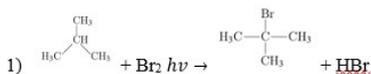
Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

При написании уравнений реакций указывайте преимущественно образующиеся продукты, используйте структурные формулы органических веществ.



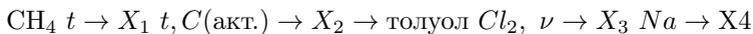
## Решение

Написаны пять уравнений реакций, соответствующих схеме превращений:



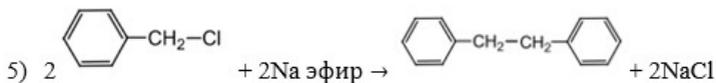
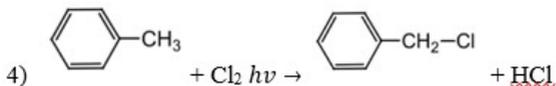
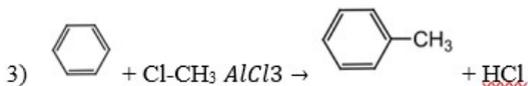
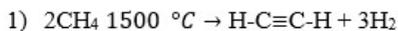
## Задание 4

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



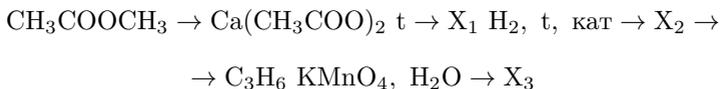
При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

## Решение



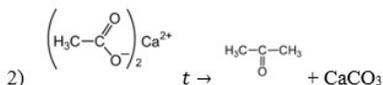
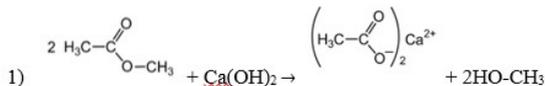
### Задание 5

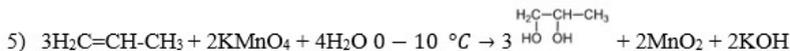
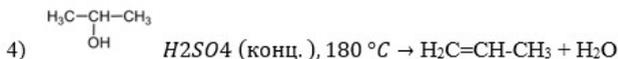
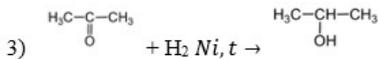
Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

### Решение





## 13 Установление молекулярной и структурной формул вещества

Для успешного решения задания №33 нужно уметь проводить расчеты по теме «Установление молекулярной и структурной формул вещества».

Массовая доля элемента - содержание в веществе в процентах по массе.

Чтобы найти массовую долю элемента в веществе, надо его массу разделить на массу всего вещества.

$$\text{Массовая доля атома в веществе} = \frac{\text{Атомная масса атома} \cdot \text{Число атомов в молекуле}}{\text{Молекулярная масса вещества}}$$

Молекулярная (истинная) формула - формула, в которой отражается реальное число атомов каждого вида, входящих в молекулу вещества.

Относительная плотность - величина, которая показывает, во сколько раз газ тяжелее газа Y.

$$D_{\text{по } Y}(X) = \frac{M(X)}{M(Y)}$$

Относительная плотность газа по H<sub>2</sub>:

$$D_{\text{по H}_2}(X) = \frac{M(X)}{2}$$

Относительная плотность газа по воздуху:

$$D_{\text{по возд}}(X) = \frac{M(X)}{29}$$

Абсолютная плотность газа - масса 1 л газа при нормальных условиях. Обычно для газов её измеряют в г/л.

$$\rho = \frac{m_{\text{газ}}}{V_{\text{газ}}}$$

Для 1 моль газа:

$$\rho = \frac{M}{V_m}$$

Определение формул веществ по массовым долям атомов, входящих в его состав состоит из нескольких последовательных действий, так, нужно:

1. Найти мольное соотношение атомов в веществе - соответствует его простейшей формуле. Так, для вещества состава соотношение количеств веществ и соответствует соотношению числа их атомов в молекуле:

$$x : y = n(A) : n(B)$$

2. Затем, используя  $M$  вещества, определить его истинную формулу.

Определение формул веществ по продуктам сгорания

1. Количества веществ элементов определить по объёмам и массам продуктов сгорания –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$  и т.д. Далее так же, как и в первом типе.

Примеры задания №33

### **Задание 1**

При сгорании 29,2г органического вещества А образовалось 26,88л углекислого газа 25,2г воды и 4,48л азота. Вещество имеет три функциональных группы, реагирует как с кислотами, так и с щелочами, скелет неразветвленный, а азотсодержащие группы максимально удалены друг от друга.

На основании данных условия задачи:

1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искоемых физических величин) и установите молекулярную формулу вещества А;

2) составьте структурную формулу вещества А, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;

3) напишите уравнение реакции вещества А с избытком соляной кислоты (используйте структурные формулы органических веществ).

### Решение

1. Найдем молекулярную формулу вещества :

$$1) \nu(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_m} = \frac{26,88 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,2 \text{ моль}$$

$$2) \nu(\text{C}) = \nu(\text{CO}_2) = 1,2 \text{ моль}$$

$$3) m(\text{C}) = \nu(\text{C}) \cdot M(\text{C}) = 1,2 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 14,4 \text{ г}$$

$$4) \nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{25,2 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 1,4 \text{ моль}$$

$$5) \nu(\text{H}) = 2\nu(\text{H}_2\text{O}) = 2,8 \text{ моль}$$

$$6) m(\text{H}) = \nu(\text{H}) \cdot M(\text{H}) = 2,8 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 2,8 \text{ г}$$

$$7) \nu(\text{N}_2) = \frac{V(\text{N}_2)}{V_m} = \frac{4,48 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$8) \nu(\text{N}) = 2\nu(\text{N}_2) = 0,4 \text{ моль}$$

$$9) m(\text{N}) = \nu(\text{N}) \cdot M(\text{N}) = 0,4 \text{ моль} \cdot 14 \text{ г/моль} = 5,6 \text{ г}$$

$$10) m(\text{O}) = m(\text{A}) - m(\text{C}) - m(\text{H}) - m(\text{N}) = 29,2 \text{ г} - 14,4 \text{ г} - 2,8 \text{ г} - 5,6 \text{ г} = 6,4 \text{ г}$$

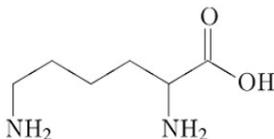
$$11) \nu(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{6,4 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}$$

Отсюда следует:

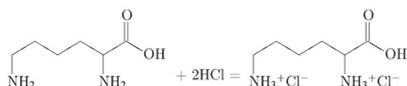
$$\nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) : \nu(\text{O}) = 1,2 : 2,8 : 0,4 : 0,4 = 3 : 7 : 1 : 1$$

Простейшая формула вещества-  $C_3H_7NO$ . Молекулярная формула вещества А-  $C_6H_{14}N_2O_2$ .

2. Структурная формула вещества А:



3. Реакция вещества А с избытком соляной кислоты:



## Задание 2

При взаимодействии соли первичного амина с нитратом серебра образуется органическое вещество А и бромид серебра. Вещество А содержит 25,93% азота, 7,41% водорода и 44,44% кислорода по массе. На основании данных условия задания:

- 1) проведите необходимые вычисления и установите молекулярную формулу органического вещества А;
- 2) составьте возможную структурную формулу вещества А, которая однозначно отражает порядок связи атомов;
- 3) напишите уравнение реакции получения вещества А взаимодействием соли первичного амина и нитрата серебра (используйте структурную формулу органического вещества).

## Решение

1. Определим молекулярную формулу органического вещества А.

Общая формула вещества  $C_kH_lO_mN_n$

Массовая доля углерода в этом веществе составляет

$$\omega(C) = 100\% - (25,93\% + 7,41\% + 44,44\%) = 22,22\%$$

Пусть  $m(C_kH_lO_mN_n) = 100$  г,

Тогда  $m(C) = 22,22$ г,  $m(H) = 7,41$ г,  $m(O) = 44,44$ г,  $m(N) = 25,93$ г

Получаем, что

$$\begin{aligned}k : l : m : n &= \nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) : \nu(\text{O}) : \nu(\text{N}) = \\&= \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} : \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} : \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} : \frac{m(\text{N})}{M(\text{N})} = \frac{22,22}{12} : \frac{7,41}{1} : \frac{44,44}{16} : \frac{25,93}{14} = \\&= 1,85 : 7,41 : 2,78 : 1,85 = 1 : 4 : 1,5 : 1 = 2 : 8 : 3 : 2\end{aligned}$$

Следовательно, простейшая формула-  $\text{C}_2\text{H}_8\text{O}_3\text{N}_2$ . Она совпадает с молекулярной, так как соотношение N : O соответствует нитрату амина. Молекулярная формула вещества-  $\text{C}_2\text{H}_8\text{O}_3\text{N}_2$ .

2. Солью первичного амина является бромид этиламмония  $[\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{NH}_3]^+\text{Br}^-$ . Веществом А является нитрат этиламмония  $[\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{NH}_3]^+\text{NO}_3^-$ .

3. Уравнение взаимодействия соли первичного амина и нитрата серебра:



### Задание 3

Органическое вещество содержит 20,78% кислорода, 2,60% водорода и 29,87% натрия. Известно, что функциональные группы в веществе А находятся у соседних атомов углерода. На основании данных условия задачи:

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу вещества А;
- 2) составьте структурную формулу вещества А, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции образования вещества А при взаимодействии вещества Б с избытком водного раствора гидроксида натрия (используйте структурные формулы органических веществ).

### Решение

1) Определим молекулярную формулу органического вещества А.

Общая формула вещества  $\text{C}_k\text{H}_l\text{O}_m\text{Na}_n$ .

Массовая доля углерода в этом веществе составляет

$$\omega(\text{C}) = 100\% - (20,78\% + 2,60\% + 29,87\%) = 46,75\%$$

Пусть  $m(C_kH_lO_mNa_n) = 100$  г,

Тогда  $m(C) = 46,75$ г,  $m(O) = 20,78$ г,  $m(Na) = 29,87$ г,  $m(H) = 2,6$ г.

Получаем, что

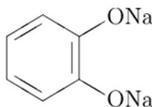
$$\begin{aligned}k : l : m : n &= \nu(C) : \nu(H) : \nu(O) : \nu(Na) = \\&= \frac{m(C)}{M(C)} : \frac{m(H)}{M(H)} : \frac{m(O)}{M(O)} : \frac{m(Na)}{M(Na)} = \frac{46,75}{12} : \frac{2,6}{1} : \frac{20,78}{16} : \frac{29,87}{23} = \\&= 3,895 : 2,6 : 1,299 : 1,299 = 3 : 2 : 1 : 1\end{aligned}$$

Простейшая формула исходного вещества  $C_3H_2ONa$ .

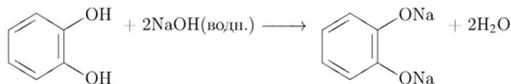
Нам известно, что функциональные заместители находятся у соседних атомов углерода- невозможно составить структурную формулу вещества исходя из простейшей формулы. Простейшую формулу надо умножить на 2. Молекулярная формула вещества-  $C_6H_4O_2Na_2$ .

Из молекулярной формулы можно увидеть, что А содержит бензольное кольцо и 2 заместителя  $-ONa$ . Так как в условии дано, что функциональные группы в веществе А находятся у соседних атомов углерода, значит, заместители находятся в 1,2положениях бензольного кольца.

2)Составим структурную формулу А:



3)Составим уравнение реакции



## 14 Задачи с использованием массовой доли вещества, массы и объёма вещества

Для успешного решения задания №33 нужно уметь проводить расчёты с использованием понятий «растворимость», «массовая доля вещества в растворе». Расчёты массы (объёма, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси). Также нужно уметь проводить расчёты массы (объёма, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определённой массовой долей растворённого вещества, расчёты массовой доли (массы) химического соединения в смеси.

Наиболее полезно будет рассмотреть примеры решения данного задания.

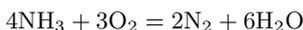
### Примеры решения задания №34

#### **Задание 1**

Смесь аммиака с кислородом общим объёмом 11,2л (н.у.) подожгли без катализатора, продукты охладили, а образовавшуюся смесь газов пропустили через 117,6г 10%-го раствора серной кислоты, в результате масса раствора увеличилась. Объём оставшегося непоглощённым газа составил 2,24л (н.у.). Вычислите объёмные доли газов в исходной смеси и массовые доли веществ (кроме воды) в полученном растворе. В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления.

#### **Решение**

1. Записано уравнение реакции сгорания аммиака и определены количества вещества газов:



$$\nu_{\text{смеси}} = \frac{V_{\text{смеси}}}{V_m}$$

$$\nu_{\text{смеси}} = \frac{11,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

Непоглощённый газ-  $\text{N}_2$ :

$$\nu(\text{N}_2) = \frac{V(\text{N}_2)}{V_m}$$

$$\nu(\text{N}_2) = \frac{2,24 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

2. Определён состав газовой смеси. В реакцию сгорания вступило:

$$\nu(\text{NH}_3) = 2\nu(\text{N}_2) = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{O}_2) = \frac{3}{2}\nu(\text{N}_2) = \frac{3}{2} \cdot 0,1 = 0,15 \text{ моль}$$

Масса раствора с  $\text{H}_2\text{SO}_4$  увеличилась, следовательно, аммиак был в избытке. Общее количество аммиака в смеси:

$$\nu(\text{NH}_3) = \nu(\text{смеси}) - \nu(\text{O}_2) = 0,5 \text{ моль} - 0,15 \text{ моль} = 0,35 \text{ моль}$$

Объёмные доли газов в исходной смеси:

$$\varphi(\text{газа}) = \frac{V(\text{газа})}{V(\text{смеси})} = \frac{\nu(\text{газа})}{\nu(\text{смеси})}$$

$$\varphi(\text{NH}_3) = \frac{0,35 \text{ моль}}{0,5 \text{ моль}} = 0,7 \text{ или } 70\%$$

$$\varphi(\text{O}_2) = \frac{0,15 \text{ моль}}{0,5 \text{ моль}} = 0,3 \text{ или } 30\%$$

3. Написаны уравнения реакций с серной кислотой и определены количества веществ в растворе:

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4(\text{p-p})) \cdot \omega}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{117,6\text{г} \cdot 0,1}{98\text{г/моль}} = 0,12 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{NH}_3(\text{ост.})) = \nu(\text{NH}_3(\text{общ.})) - \nu(\text{NH}_3(\text{реар.}))$$

$$\nu(\text{NH}_3(\text{ост.})) = 0,35 \text{ моль} - 0,2 \text{ моль} = 0,15$$

При поглощении аммиака последовательно происходят реакции:



В первую реакцию вступит по 0,12 моль веществ, во вторую - по (0,15 - 0,12) = 0,03 моль.

$$\nu(\text{NH}_4\text{HSO}_4) = \nu(\text{NH}_4\text{HSO}_4)(\text{образов.}) - \nu(\text{NH}_4\text{HSO}_4)(\text{прореар.}) =$$

$$= 0,12 \text{ моль} - 0,03 \text{ моль} = 0,09 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{NH}_4\text{HSO}_4) = 0,03 \text{ моль}$$

4. Определены массовые доли солей в растворе.

$$m(\text{p-ра}) = m(\text{H}_2\text{SO}_4\text{p-p}) + m(\text{NH}_3(\text{ост.})) = m(\text{H}_2\text{SO}_4\text{p-p}) +$$

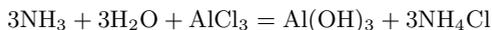
$$\begin{aligned}
 & +\nu(\text{NH}_3_{\text{ост.}}) \cdot M(\text{NH}_3) \\
 m(\text{p-ра}) &= 117,6\text{г} + 0,15\text{моль} \cdot 17\text{г/моль} = 120,15\text{ г} \\
 \omega(\text{соли}) &= \frac{m(\text{соли})}{m(\text{p-ра})} = \frac{\nu(\text{соли}) \cdot M(\text{соли})}{m(\text{p-ра})} \\
 \omega(\text{N}_4\text{HSO}_4) &= \frac{0,09\text{моль} \cdot 115\text{г/моль}}{120,15\text{г/моль}} = 0,086 \text{ или } 8,6\% \\
 \omega((\text{N}_4)_2\text{SO}_4) &= \frac{0,03\text{моль} \cdot 132\text{г/моль}}{120,15\text{г/моль}} = 0,033 \text{ или } 3,3\%
 \end{aligned}$$

## Задание 2

К 125г раствора аммиака, в котором 56% от общей массы раствора составляет масса протонов, добавили 40,05г хлорида алюминия. Через образовавшийся раствор пропустили сернистый газ, при этом прореагировало 2,24л (н.у.) газа. Вычислите массовые доли солей в конечном растворе. В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления (указывайте единицы измерения и обозначения искомых физических величин).

## Решение

1. Запишем уравнения протекающих реакций и найдем количества исходных веществ:



$$\nu(\text{AlCl}_3) = \frac{m(\text{AlCl}_3)}{M(\text{AlCl}_3)}$$

$$\nu(\text{AlCl}_3) = \frac{40,05\text{г}}{133,5\text{г/моль}} = 0,3 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{SO}_2) = \frac{V(\text{SO}_2)}{V_m}$$

$$\nu(\text{SO}_2) = \frac{2,24\text{л}}{22,4\text{л/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

Пусть  $\nu_{\text{исх}}(\text{NH}_3) = x$  моль, а  $\nu_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O}) = y$  моль. Тогда  $m_{\text{исх}}(\text{NH}_3) = 17x$ , а  $m_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O}) = 18y$ .

$$\text{Отсюда } 17x + 18y = 125$$

Если в 1моль  $\text{NH}_3$  содержится 10моль протонов, то в  $x$ моль  $\text{NH}_3$  -  $10x$ моль протонов. Аналогично, в 1моль  $\text{H}_2\text{O}$  - 10моль протонов, в  $y$ моль -  $10y$ моль протонов.

$$m(\text{p}^+) = m_{(\text{p-p})} \cdot \omega$$

$$m(p^+) = 125\text{г} \cdot 0,56 = 70 \text{ г}$$

$$\nu(p^+) = \frac{m(p^+)}{M(p^+)}$$

$$\nu(p^+) = \frac{70\text{г}}{1\text{г/моль}} = 70 \text{ моль}$$

Отсюда следует:  $10x + 10y = 70$

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 17x + 18y = 125 \\ 10x + 10y = 70 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 1 \text{ моль} \\ y = 6 \text{ моль} \end{cases}$$

$$\nu_{\text{исх}}(\text{NH}_3) = 1 \text{ моль}$$

$$\nu_{(\text{израск.})}(\text{NH}_3) = 3\nu(\text{AlCl}_3) = 0,9 \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{ост}}(\text{NH}_3) = \nu_{\text{исх}}(\text{NH}_3) - \nu_{\text{израск}}(\text{NH}_3)$$

$$\nu_{\text{ост}}(\text{NH}_3) = 1 \text{ моль} - 0,9 \text{ моль} = 0,1 \text{ моль}$$

2. Найдем массовые доли солей в конечном растворе:

$$m_{\text{р-р}} = m_{\text{р-р}}(\text{NH}_3) + m(\text{AlCl}_3) - m(\text{Al}(\text{OH})_3) + m(\text{SO}_2)$$

$$\nu(\text{Al}(\text{OH})_3) = \nu(\text{AlCl}_3) = 0,3 \text{ моль}$$

$$m(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,3 \text{ моль} \cdot 78 \text{ г/моль} = 23,4 \text{ г}$$

$$m(\text{SO}_2) = 0,1 \text{ моль} \cdot 61 \text{ г} = 6,4 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-р}} = (125 + 40,05 - 23,4 + 6,4)\text{г} = 148,05 \text{ г}$$

$$\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{m(\text{NH}_4\text{Cl})}{m_{\text{р-р}}}$$

$$\nu(\text{NH}_4\text{Cl}) = 3\nu(\text{AlCl}_3) = 0,9 \text{ моль}$$

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,9 \text{ моль} \cdot 53,5 \text{ г/моль} = 48,15 \text{ г}$$

$$\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{48,15 \text{ г}}{148,05 \text{ г}} = 0,3252 \text{ или } 32,52\%$$

$$\omega(\text{NH}_4\text{HSO}_3) = \frac{m(\text{NH}_4\text{HSO}_3)}{m_{\text{р-р}}}$$

$$m(\text{NH}_4\text{HSO}_3) = \nu(\text{SO}_2) = 0,1 \text{ моль}$$

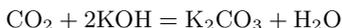
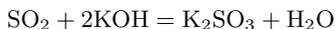
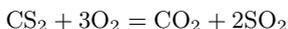
$$\omega(\text{NH}_4\text{HSO}_3) = \frac{9,9\text{г}}{148,05\text{г}} = 0,0669 \text{ или } 6,69\%$$

### Задание 3

Газы, полученные при полном сжигании образца сероуглерода, поглотили 240г 14%-го раствора гидроксида калия. Щёлочь израсходовалась полностью, а в полученном растворе есть только средние соли. Рассчитайте массу образца и найдите массовые доли солей в растворе. В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления.

### Решение

1. Запишем уравнение реакции горения сероуглерода и уравнения реакций поглощения газов щелочью:



2. Найдём количество вещества щелочи:

$$\nu(\text{KOH}) = \frac{m_{\text{р-р}} \cdot \omega}{M(\text{KOH})} = \frac{240\text{г} \cdot 0,14}{56 \text{ г/моль}} = 0,6 \text{ моль}$$

Пусть  $\nu(\text{CS}_2) = x$  моль

При сгорании 1 моль сероуглерода образуется 1 моль углекислого газа и 2 моль сернистого газа. Тогда  $\nu(\text{CO}_2) = x$  моль,  $\nu(\text{SO}_2) = 2x$  моль.

Составим уравнение:

$$\nu_{\text{общ}}(\text{KOH}) = 2\nu(\text{CO}_2) + 2\nu(\text{SO}_2) = 2x \text{ моль} + 2 \cdot 2x \text{ моль} = 6x \text{ моль} = 0,6 \text{ моль}$$

Отсюда,  $\nu(\text{CS}_2) = x$  моль = 0,1 моль

Тогда масса исходного образца сероуглерода равна:

$$m(\text{CS}_2) = \nu(\text{CS}_2) \cdot M(\text{CS}_2) = 0,1 \text{ моль} \cdot 76 \text{ г/моль} = 7,6 \text{ г}$$

3. Найдём массы образовавшихся средних солей:

$$\nu(\text{K}_2\text{SO}_3) = \nu(\text{SO}_2) = 2\nu(\text{CS}_2) = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{K}_2\text{O}_3) = \nu(\text{O}_2) = \nu(\text{CS}_2) = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{K}_2\text{SO}_3) = \nu(\text{K}_2\text{SO}_3) \cdot M(\text{K}_2\text{SO}_3) = 0,2 \text{ моль} \cdot 158 \text{ г/моль} = 31,6 \text{ г}$$

$$m(\text{K}_2\text{O}_3) = \nu(\text{K}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{K}_2\text{O}_3) = 0,1 \text{ моль} \cdot 138 \text{ г/моль} = 13,8 \text{ г}$$

4. Найдем массу раствора и массовые доли солей в растворе:

$$m(p - p) = m(\text{KOH}) + m(\text{CO}_2) + m(\text{SO}_2)$$

$$m(p - p) = m(\text{KOH}) + \nu(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + \nu(\text{SO}_2) \cdot M(\text{SO}_2)$$

$$m(p - p) = 240\text{г} + 0,1\text{г/моль} \cdot 44\text{г/моль} + 0,2\text{моль} \cdot 64\text{г/моль} = 257,2\text{г}$$

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{K}_2\text{CO}_3)}{m(p - p)} = \frac{13,8\text{г}}{257,2\text{г}} = 0,0537 \quad 5,37\%$$

$$\omega(\text{K}_2\text{SO}_3) = \frac{m(\text{K}_2\text{SO}_3)}{m(p - p)} = \frac{31,6\text{г}}{257,2\text{г}} = 0,1229 \quad \text{или } 12,29\%$$

### **Список рекомендуемой литературы:**

При подготовке курса настоятельно рекомендуется ознакомиться и использовать следующий список литературы:

1. Н.Е. Кузьменко, В.В. Еремин, В.А. Попков. «Начала химии для поступающих в ВУЗ-ы», 2016 г.

2. Спецификация контрольных измерительных материалов для проведения в 2023 году единого государственного экзамена по ХИМИИ. Подготовлена федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Федеральный институт педагогических измерений». Утверждена директором ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений» О.А. Решетниковым, Согласована председателем Научно-методического совета ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений» А.Г. Мажуга

3. Кодификатор проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по ХИМИИ. Подготовлена федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Федеральный институт педагогических измерений». Утверждена директором ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений» О.А. Решетниковым, Согласована председателем Научно-методического совета ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений» А.Г. Мажуга

4. Д.Ю. Добротин. «Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2022 года по химии».

5. А.А. Коверина, Ю.Н. Медведев, Г.Н. Молчанова, Н.В. Свириденкова, М.Г. Снастина, С. В. Стаханова. «Курс самоподготовки. Технология решения заданий. Теория. Практика. Ключи и ответы», 2018 г.

6. С. Т. Тюга, Ю.В. Исаенко. «ЕГЭ. Супермобильный справочник. Химия», 2019 г.

7. В. В. Еремин, Р. Л. Антипин, А. А. Дроздов, Е. В. Карпова, О. Н. Рыжова. «Химия. Углубленный курс подготовки к ЕГЭ», 2020 г.

