ОТЛИЧНИК ЕГЭ

ФИПИ
Федеральный институт педагогических измерений

ИНТЕЛЛЕКТ-ЦЕНТР

ХИМИЯ

РЕШЕНИЕ СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ

97 100 98
95 99 96

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

ФИПИ

ОТЛИЧНИК ЕГЭ

ХИМИЯ

Решение сложных заданий

«Интеллект-Центр»
2010

УДК 373.167.1:54+54(075.3)
ББК 24я721
О-80

Авторы:
А.А. Каверина, А.С. Корощенко, Д.Ю. Добротин, Ю.Н. Медведев, М.Г. Снастина

Под редакцией
А.А. Кавериной

Рецензент:
Н.И. Воробьева, кандидат химических наук

О-80 Отличник ЕГЭ. Химия. Решение сложных задач. Под редакцией А.А. Кавериной / ФИПИ. – М.: Интеллект-Центр, 2010. – 200 с.

Данный сборник рекомендован учащимся старших классов общеобразовательных учреждений. В него включены задания повышенного и высокого уровней сложности, ориентированные на проверку элементов содержания ведущих разделов (тем) курса химии средней школы. Практически все задания сборника использовались в экзаменационных работах ЕГЭ разных лет.

Сборник может быть рекомендован учащимся в качестве дополнительного пособия для подготовки ко всем видам контроля знаний в процессе обучения химии, а также при подготовке к единому государственному экзамену.

Генеральный директор издательства «Интеллект-Центр»
М.Б. Миндюк
Редактор: Д.П. Локтионов
Технический редактор: В.С. Торгашова
Художественный редактор: Е.Ю. Воробьёва

Подписано в печать 19.01.10. Формат 60x84/16.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,5. Тираж 5000 экз.

ISBN 978-5-89790-614-7

© ФИПИ, 2010
© «Интеллект-Центр», 2010
© Художественное оформление «Интеллект-Центр», 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 4
Часть I. Задания с комментариями и решениями 6
I.1. Периодический закон и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. Строение электронных оболочек атомов элементов первых четырех периодов: *s*-, *p*-, *d*- элементы. Электронная конфигурация атома 6
I.2. Химическая связь. Строение вещества 10
I.3. Классификация неорганических и органических веществ. Характерные химические свойства основных классов неорганических и органических веществ 15
I.4. Химическая реакция. Классификация химических реакций в неорганической и органической химии. Закономерности химических реакций 34
I.5. Расчетные задачи 73
Часть II. Задания для самостоятельной работы 115
II.1. Периодический закон и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. Строение атома 115
II.2. Химическая связь. Строение вещества 118
II.3. Классификация неорганических и органических веществ. Характерные химические свойства основных классов неорганических и органических веществ 123
II.4. Химическая реакция. Классификация химических реакций в неорганической и органической химии. Закономерности химических реакций 139
II.5. Расчетные задачи 164
Часть III. Ответы к заданиям для самостоятельной работы 169
III.1. Периодический закон и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. Строение атома 169
III.2. Химическая связь. Строение вещества 169
III.3. Классификация неорганических и органических веществ. Характерные химические свойства основных классов неорганических и органических веществ 169
III.4. Химическая реакция. Классификация химических реакций в неорганической и органической химии. Закономерности химических реакций 170
III.5. Расчетные задачи 189

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный сборник адресован старшеклассникам, в первую очередь тем, кто интересуется химией и намеревается сдавать единый государственный экзамен по химии. У каждого из них может появиться желание углубить свои знания и проверить свою готовность к экзамену. Большую помощь в этом могут оказать задания, представленные в сборнике. Выполнение таких заданий является одним из способов закрепления, систематизации и обобщения полученных знаний, а также способом самоконтроля усвоения знаний.

Умение выполнять различные задания (вычислительного, экспериментального характера и др.) развивается в процессе всего обучения химии. Совершенствовать это умение каждый может самостоятельно. Успех будет зависеть от правильной организации работы. Поэтому авторы считали необходимым дать несколько общих рекомендаций всем начинающим работать с данным сборником.

Прежде всего, несколько слов о структуре и содержании сборника. В него включены задания повышенного и высокого уровней сложности, использованные в экзаменационных работах ЕГЭ разных лет. Некоторые из представленных заданий в работах последних лет претерпели определенные изменения. Тем не менее, в сборнике они сохранены и в первоначальной форме в целях систематизации знаний по основным темам курса химии.

Часть I сборника включает типовые задания, которые сгруппированы по ведущим разделам (темам) школьного курса химии. Всем группам заданий предшествует краткое введение. В нем указано, на проверку усвоения каких элементов содержания ориентированы задания, какие знания и умения необходимы для их выполнения. Поэтому все сведения, приведенные во введении к отдельным группам заданий, рекомендуем принимать во внимание.

К каждому из заданий, помещенных в части I сборника, даны комментарии и решения. Комментарии представляют собою подробное описание алгоритма выполнения задания (решения задачи).

Важно обращать внимание на сформулированные в комментариях вопросы, возникающие по ходу выполнения задания, а также рекомендации по использованию соответствующего теоретического материала.

Остановимся еще на одном важном моменте. Представленные задания различны по своей форме. Так, среди заданий повышенного уровня сложности присутствуют три их разновидности:

а) задания на установление соответствия позиций, указанных в двух перечнях;

б) задания на выбор нескольких правильных ответов из предложенного списка (множественный выбор);

в) расчетные задачи.

Все эти разновидности заданий предполагают написание краткого ответа.

Среди заданий высокого уровня сложности есть также свои разновидности: а) «цепочки» превращений веществ неорганических и органических; б) расчетные задачи; в) задачи на установление молекулярной формулы соединения. Эти разновидности заданий предполагают написание развернутого ответа.

В комментариях дана подробная информация о том, как следует записывать ответ в случае каждого конкретного задания. Рекомендуем отнестись к этой информации с достаточным вниманием. И, наконец, в комментариях к заданиям можно найти информацию о том, как оценивается правильность их выполнения.

В части II сборника включены задания для самостоятельной работы. Они сгруппированы по тем же разделам (темам) курса химии, как и типовые задания. Поэтому в случае вопросов и затруднений, которые могут возникнуть при их выполнении, можно обратиться за справкой в соответствующий раздел части I сборника. Правильность выполнения заданий проверяется по ответам, данным в части III сборника.

Выполнение достаточно большого числа заданий, представленных в части II сборника, обеспечит возможности для объективной проверки своих знаний.

Желаем успехов в работе!

ЧАСТЬ I
ЗАДАНИЯ С КОММЕНТАРИЯМИ И РЕШЕНИЯМИ

I.1. Периодический закон и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. Строение электронных оболочек атомов элементов первых четырех периодов: *s*-, *p*-, *d*-элементы. Электронная конфигурация атома

В экзаменационной работе единого государственного экзамена заданиями повышенного уровня сложности проверяется, как правило, усвоение следующих элементов содержания данного раздела школьного курса химии:

– современные представления о строении атомов;

– строение электронных оболочек атомов элементов первых четырех периодов, понятие об электронном облаке, *s*- и *p*-электронах; электронная конфигурация атомов, основное и возбужденное состояние атомов.

Задания, с помощью которых проверяется это содержание, различны по своей форме. Их выполнение требует применения полученных знаний для: составления электронных схем строения атомов, характеристики *s*- и *p*-элементов по их положению в периодической системе Д.И. Менделеева, объяснения зависимости свойств химического элемента и образованных им соединений от его положения в периодической системе Д.И. Менделеева.

Приведем примеры некоторых из этих заданий и опишем возможные алгоритмы их выполнения.

Задание 1.

Установите соответствие между формулой частицы и ее электронной конфигурацией.

ФОРМУЛА ЧАСТИЦЫ	ЭЛЕКТРОННАЯ КОНФИГУРАЦИЯ
А) S^{+4}	1) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
Б) S^{-2}	2) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
В) S^0	3) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
Г) S^{+6}	4) $1s^2 2s^2 2p^6$

А	Б	В	Г

Для выполнения такого задания необходимо знать, что ион – это частица, в которую превращается атом в результате отдачи или принятия электронов. Отдача электронов ведет к образованию положительного иона, а атом, который принимает электроны, превращается в отрицательно заряженный ион. Сколько электронов присоединил атом на свой внешний электронный уровень или утратил с него, таков и будет заряд получившегося отрицательного или положительного иона.

Поиск правильного ответа следует начать с анализа вопроса о положении серы в периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева.

Сера расположена в 3 периоде, VIA группе периодической системы Д.И. Менделеева. Следовательно, в атоме серы имеется 16 электронов, расположенных на 3 электронных уровнях, на внешнем уровне находится 6 электронов. В таком состоянии атом серы электронейтрален и имеет обозначение S^0. Обратим внимание, что в перечне частиц в столбике слева такая частица указана, ей будет соответствовать электронная конфигурация $1s^2 2s^2 2p^8 3s^2 3p^4$. Если атом серы отдаст 6 электронов, он превратится в положительно заряженный ион S^{6+} и у него останется только два электронных уровня; если атом отдаст 4 электрона, он превращается в ион S^{4+}, тогда на внешнем уровне у него останется 2 электрона. В случае принятия атомом 2-х электронов он превращается в отрицательно заряженный ион S^{-2}, а на его внешнем уровне будет 8 электронов.

Ответ: 3214

Задание 2.

Установите соответствие между формулой частицы и общим числом электронов, содержащихся в ней.

ФОРМУЛА ЧАСТИЦЫ	ЧИСЛО ЭЛЕКТРОНОВ
А) Al^{+3}	1) 18
Б) Mg^0	2) 15
В) P^{-3}	3) 19
Г) K^0	4) 10
	5) 12

А	Б	В	Г

Охарактеризуем названные в условии задания химические элементы по их положению в периодической системе Д.И. Менделеева. Порядковый номер магния (Mg) – 12, а калия (K) – 19. Следовательно, электронейтральный атом Mg^0 содержит 12 электронов, а атом калия K^0 – 19 электронов.

Порядковый номер алюминия 13, его электронейтральный атом содержит 13 электронов. Следовательно, у положительно заряженного иона Al^{+3}, образующегося в результате отдачи атомом 3-х электронов, электронная оболочка состоит из 10 электронов. Также установим, что электронейтральный атом фосфора содержит 15 электронов. Следовательно, отрицательно заряженный ион фосфора P^{-3}, который образуется в результате присоединения атомом на внешний уровень 3-х дополнительных электронов, имеет электронную оболочку из 18 электронов.

Ответ: 4513

Задание 3.

Установите соответствие между элементом и формулой его высшего хлорида.

ЭЛЕМЕНТ	СОСТАВ ХЛОРИДА
А) Mg	1) ЭCl
Б) Na	2) $ЭCl_2$
В) Al	3) $ЭCl_3$
Г) Li	4) $ЭCl_4$
	5) $ЭCl_5$

А	Б	В	Г

Высшая валентность элемента в его соединениях в большинстве случаев определяется номером группы, в которой расположен этот элемент в периодической системе Д.И. Менделеева.

Магний расположен во IIA группе, а это означает, что его высшая валентность равна двум. Хлор в соединениях с металлами всегда одновалентен. Следовательно, высшему хлориду магния соответствует формула $ЭCl_2$.

Подобным образом определяется состав высших хлоридов каждого из приведенных элементов.

Ответ: 2131

Задание 4.

Установите соответствие между химическим элементом и формулой его гидроксида.

ЭЛЕМЕНТ	ФОРМУЛА ГИДРОКСИДА
А) Sr	1) ЭОН
Б) Bb	2) $Э(OH)_2$
В) Si	3) $H_3ЭO_3$
Г) B	4) $H_2ЭO_3$
	5) $Э(OH)_4$

А	Б	В	Г

Правильность выполнения заданий, подобных данному, зависит от умения характеризовать любой химический элемент по его положению в периодической системе Д.И. Менделеева.

Вот как можно выстроить ход рассуждений при выполнении такого задания.

Составим характеристику указанных в условии задания элементов по их положению в периодической системе Д.И. Менделеева. Стронций (Sr) и рубидий (Rb) находится в 5-м – большом – периоде во IIA и IA группах. Значит, рубидий и стронций – металлы, причем, с ярко выраженными металлическими свойствами.

Кремний (Si) и бор (B) являются элементами – неметаллами.

Далее обратим внимание на общие формулы приведенных в задании гидроксидов элементов.

Судя по составу формул, отвечающие им соединения относятся либо к основаниям (имеют в составе гидроксогруппу -OH), либо к кислотам (имеют в составе атомы водорода H). Металлам соответствуют основания, в составе которых число гидроксогрупп соответствует валентности металла. Неметаллам соответствуют кислоты (по условию задания кислородные), в которых валентность неметалла равна разнице между общей валентностью атомов кислорода и общей валентностью атомов водорода.

Затем с учетом высказанных выше положений сформулируем ответ к заданию.

Стронций (Sr) – металл с постоянной валентностью, равной II, образует основание, общая формула которого $Э(OH)_2$.

Рубидий (Rb) – металл с валентностью, равной I, образует основание, отвечающее общей формуле ЭОН.

Кремний (Si) – неметалл с высшей валентностью, равной IV, образует гидроксид, обладающий кислотными свойствами. Ему отвечает общая формула $H_2ЭO_3$.

Бору также соответствует кислота состава $H_3ЭO_3$.

Ответ: 2143

I.2. Химическая связь. Строение вещества

За период проведения единого государственного экзамена в экзаменационной работе использовались задания повышенного уровня сложности, ориентированные на проверку усвоения практически всех основных вопросов, составляющих содержание этой темы: виды химической связи – ковалентная (полярная и неполярная), ионная, металлическая, водородная; способы образования ковалентной связи; степень окисления химических элементов; вещества молекулярного и немолекулярного строения; зависимость свойств веществ от особенностей их кристаллической решетки. Поэтому целесообразно ознакомиться со всем разнообразием этих заданий и способами их выполнения, что будет способствовать более успешной систематизации знаний по данной теме.

Задание 5.

Установите соответствие между названием вещества и типом его кристаллической решетки.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	ТИП КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ
А) бром	1) ионная
Б) графит	2) атомная
В) цезий	3) молекулярная
Г) нитрид кальция	4) металлическая

А	Б	В	Г

Для выполнения задания необходимо использовать знания о способах образования кристаллических решеток. Кристаллическую решетку могут образовывать как одинаковые, так и разные частицы (ионы, атомы, молекулы). Так, у нитрида кальция Ca_3N_2 кристаллическая решетка образуется за счет электростатического притяжения ионов Ca^{+2} и N^{-3}, поэтому она называется ионной.

В узлах кристаллической решетки графита находятся атомы углерода, связанные между собой ковалентной химической связью. Такая решетка называется атомной.

В узлах кристаллической решетки простого вещества – брома (Br_2) находятся молекулы, поэтому она называется молекулярной.

Цезий является металлом и, следовательно, имеет металлическую кристаллическую решетку.

Ответ: 3241

Задания о способах образования различных видов связи проверяют, например, такие задания.

Задание 6.

Установите соответствие между названием соединения и видом химической связи в этом соединении.

НАЗВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ	ВИД СВЯЗИ
А) цинк	1) ионная
Б) азот	2) металлическая
В) аммиак	3) ковалентная полярная
Г) хлорид кальция	4) ковалентная неполярная

А	Б	В	Г

Химическая связь осуществляется посредством электронов. Так, при образовании молекулы азота происходит взаимное перекрывание электронных орбиталей двух атомов азота, возникают общие электронные пары:

Такая химическая связь носит название ковалентной неполярной.

В молекуле аммиака NH_3 химическая связь возникает между разноименными атомами, например, между атомом азота и тремя атомами водорода. При этом атом, обладающий большей электроотрицательностью, в данном случае азот, с бóльшей силой притягивает к себе общие электронные пары, вызывая их смещение. В молекуле возникает как бы два полюса – положительный и отри-

цательный: $N^{-3}H_3^{+1}$. Такой вид связи называется ковалентной полярной.

Хлорид кальция образован элементами, различие в электроотрицательности которых достаточно велико. Поэтому при соединении их друг с другом происходит полная передача электронов от атома кальция к атому хлора. При этом атом хлора приобретает избыточный отрицательный заряд, превращаясь в ион хлора Cl^-, а атом кальция, лишившись двух электронов, превращается в положительный ион Ca^{2+}. Разноименно заряженные ионы за счет электростатического притяжения образуют соединение $CaCl_2$. Химическая связь в этом случае называется ионной.

Химическая связь в простых веществах металлах получила название металлической связи. Она осуществляется за счет обобществления электронов внешнего слоя атомов всеми структурными частицами металла, т.е. атомами и ионами, взаимно превращающимися друг в друга. Такой вид связи характерен для цинка.

Ответ: 2431

Усвоение знаний о гибридизации электронных облаков и возникновении σ- и π-связей проверяются такими заданиями.

Задание 7.

Установите соответствие между названием соединения и типом гибридизации атомных орбиталей углерода в нем.

СОЕДИНЕНИЕ	ТИП ГИБРИДИЗАЦИИ
А) бензол	1) sp
Б) этилен	2) sp^2
В) метанол	3) sp^3
Г) ацетилен	

А	Б	В	Г

При выполнении таких заданий необходимо знать, что гибридизация орбиталей – это как бы смешение различных орбиталей и выравнивание их по форме и энергии. Если в гибридизации участвуют орбитали трех p-электронов и одного s-электрона появляются четыре одинаковые орбитали, называемые гибридными. Такое выравнивание орбиталей носит название sp^3-гибридизации. Она характерна для предельных органических соединений, к которым относят-

ся, например, метанол. Все связи в таких соединениях относятся к σ-связям. При наличии в молекуле двойной связи, как у этилена, имеет место sp^2-гибридизация. При этом в гибридизации участвуют не все орбитали возбужденного атома углерода, а только три: *s*-орбиталь и две *p*-орбитали. У каждого атома углерода остается по одной негибридной орбитали.

Частично перекрываясь, они образуют новую – π-связь. При этом в пространстве орбитали расположены параллельно друг другу и перпендикулярно плоскости гибридных орбиталей (плоскости σ-связей).

В молекуле бензола атомы углерода также находятся в состоянии sp^2-гибридизации. Оставшиеся (по одной у каждого из шести атомов углерода) орбитали взаимно перекрываются и образуют единое для всей молекулы π-электронное облако. Таким образом, электронная плотность в молекуле бензола распределяется равномерно и поэтому связи между атомами углерода одинаковые.

В процессе образования гибридных орбиталей атома углерода в молекуле ацетилена участвуют один *s*- и один *p*-электрон. Оставшиеся у каждого атома две негибридизированные *p*-орбитали взаимно перекрываются, в результате чего образуются две π-связи. Таким образом, для ацетилена, в молекуле которого атомы углерода соединены тройной связью, характерна *sp*-гибридизация.

Ответ: 2231

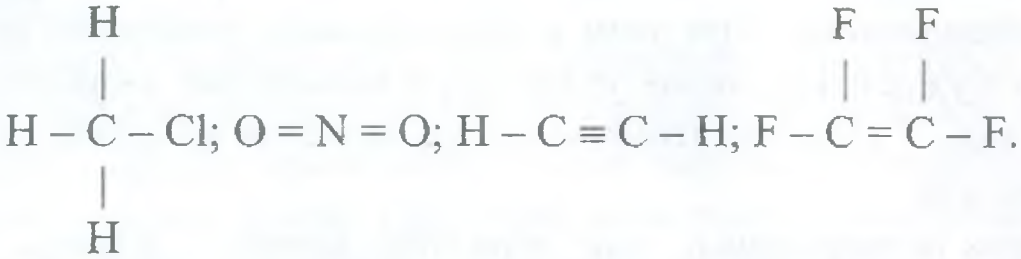
Задание 8.

Установите соответствие между формулой вещества и числом σ-связей в его молекуле.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	ЧИСЛО σ-СВЯЗЕЙ
А) CH_3Cl	1) одна
Б) NO_2	2) две
В) C_2H_2	3) три
Г) C_2F_4	4) четыре
	5) пять
	6) шесть

А	Б	В	Г

Составим структурные формулы веществ, указанных в условии задания:



Далее рассуждаем так. Одинарной σ-связи соответствует *sp*-гибридизация, в случае которой все связи в соединении относятся к σ-связям. По структурной формуле соединения с одинарной связью определяем число σ-связей в его молекуле. Двойные и тройные связи состоят, соответственно, или из одной σ- и одной π-связей, или одной σ- и двух π-связей. По структурным формулам соединений с двойной и тройной связью определим число σ-связей в их молекулах.

Ответ: 4235

Задание 9.

Установите соответствие между формулой вещества и степенью окисления азота в этом веществе.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	СТЕПЕНЬ ОКИСЛЕНИЯ
А) $(NH_4)_2Cr_2O_7$	1) +3
Б) N_2O_4	2) +4
В) $Ca(NO_2)_2$	3) +5
Г) N_2H_4	4) –3
	5) +2
	6) –2

А	Б	В	Г

В каждой из приведенных формул определим элемент с положительной (или отрицательной) степенью окисления, а затем подсчитаем величину степени окисления азота. Величина степени окисления азота в соединении определяется по правилу: общее число степени окисления одного элемента должно быть равно общему числу степени окисления другого элемента. Соединение N_2O_4 и N_2H_4 образованы по типу ковалентной полярной связи. В первом из них атом азота проявляет положительную степень окис-

ления, а в соединении N_2H_4 – отрицательную степень окисления. Это подтверждается положением элементов в периодической системе Д.И. Менделеева. В составе дихромата аммония имеется ион аммония NH_4^+, в котором азот всегда проявляет степень окисления, равную -3, а в кислотном остатке NO_2^- его степень окисления положительна и равна +3.

Ответ: 4216

I.3. Классификация неорганических и органических соединений. Характерные химические свойства основных классов неорганических и органических веществ

Задания повышенного уровня сложности, построенные на материале данного раздела курса химии, требуют умений: *устанавливать* принадлежность веществ к определенному классу на основании соответствующих признаков классификации; *объяснять* зависимость свойств неорганических и органических веществ от их состава и строения.

Рассмотрим примеры заданий, выполнение которых требует применения знаний данной темы.

Задание 10.

Установите соответствие между названием вещества и классом (группой) веществ, к которому(ой) оно принадлежит.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	КЛАСС (ГРУППА) ВЕЩЕСТВ
А) гидроксид серы (VI)	1) кислая соль
Б) гидроксид железа (III)	2) кислота
В) сероводород (р-р)	3) основание
Г) гидрокарбонат кальция	4) амфотерный гидроксид
	5) средняя соль

А	Б	В	Г

Зная состав вещества, можно определить, к какому классу оно принадлежит. В приведенном задании лишь название одного вещества – гидроксид серы (VI) – звучит необычно. Следует иметь в виду, что это название серной кислоты – продукта взаимодействия оксида серы (VI) с водой.

Название гидроксид железа (III) соответствует веществу состава $Fe(OH)_3$. Это вещество относится к амфотерным гидроксидам. Раствор сероводорода H_2S в воде представляет собой кислоту; а вот название гидрокарбонат кальция означает, что в составе соли угольной кислоты присутствует водород (hidrogenium), следовательно, это кислая соль.

Ответ: 2421

Задания на классификацию органических веществ, как правило, не требуют выяснения состава вещества по его формуле.

Задание 11.

Установите соответствие между названием вещества и классом (группой) органических соединений, к которому(ой) оно принадлежит.

НАЗВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ	КЛАСС (ГРУППА) СОЕДИНЕНИЙ
А) изопрен	1) алкены
Б) толуол	2) спирты
В) изобутен	3) диены
Г) пропанал	4) арены
	5) альдегиды
	6) алкины

А	Б	В	Г

Согласно систематической номенклатуре названия непредельных углеводородов образуются, как правило, путем изменения суффикса -ан соответствующего предельного углеводорода на -ен. Этот суффикс в названии указанных соединений повторяется дважды (А и В). В таком случае необходимо проявить особую внимательность, т.к. возможна ошибка. Изобутен – изомер бутена-1 и имеет формулу

$$CH_2 = \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}} - CH_3,$$

т.е. относится к непредельным углеводородам ряда алкенов. Изопрен – травиальное название другого вещества:

$$CH_2 = \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}} - CH = CH_2$$

– 2-метилбутадиена-1,3.

Это название определяет принадлежность данного вещества к диеновым углеводородам.

Названия спиртов образуют, добавив суффикс -ол к названию углеводорода с самой длинной углеродной цепью, включающей гидроксильную группу. Нумерацию цепи начинают с того края, ближе к которому расположена гидроксильная группа (в нашем примере это последнее положение не используется, т.к. речь не идет о названиях изомеров спиртов).

И здесь опять два указанных вещества (Б и Г) имеют одинаковые суффиксы. Однако, если пропанол (название образовано от названия углеводорода – пропан) относится к спиртам, то толуол – это гомолог бензола, и, следовательно, относится к аренам – таково название по систематической номенклатуре класса ароматических углеводородов. Таким образом, при выполнении подобных заданий следует применять знания о номенклатуре органических веществ, предварительно установив, чем является названное вещество: изомером или гомологом какому-то из известных веществ.

Ответ: 3412

Принадлежность веществ к тому или иному классу может быть установлена по формуле вещества.

Задание 12.

Установите соответствие между формулой вещества и его принадлежностью к определенному классу (группе) неорганических соединений.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	КЛАСС (ГРУППА) НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
А) H_3AsO_4	1) кислота
Б) BeO	2) основание
В) $Ca(OH)Cl$	3) основный оксид
Г) SO_3	4) амфотерный оксид
	5) кислотный оксид
	6) соль

А	Б	В	Г

При выполнении таких заданий необходимо пользоваться определением каждого класса вещества. Ясно, что если вещество (BeO; SO_3) состоит из двух элементов, один из которых кислород, то оно относится к оксидам. В зависимости от того, каким по характеру элементом образован этот оксид, определяется и характер самого оксида. Бериллий по положению в периодической системе Д.И. Менделеева проявляет свойства как металла, так и неметалла. Следовательно, его оксид BeO – амфотерен. А вот сера – неметалл, образует кислотный оксид SO_3.

В составе кислоты всегда имеются атомы водорода, связанные с кислотным остатком, значит вещество, формула которого H_3AsO_4 – кислота, а вещество, состав которого выражен формулой Ca(OH)Cl, состоит из катионов металла (Ca^{2+}), кислотного остатка соляной кислоты (Cl^-) и группы атомов -OH. Это свидетельствует о том, что данное вещество относится к солям, но так как это соль образовалась в результате реакции нейтрализации, при которой на кислотный остаток заместилась только одна группа -OH (реакция идет в отношении 1:1), то эта соль относится к основным солям.

Ответ: 1465

Приведем пример задания, с помощью которого проверяют умение различать соли по составу.

Задание 13.

Установите соответствие между формулой соли и ее принадлежностью к определенной группе.

ФОРМУЛА СОЛИ	ГРУППЫ СОЛЕЙ
А) $ZnSO_4$	1) кислые
Б) $Cu_2(OH)_2CO_3$	2) средние
В) $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	3) основные
Г) $NaHSO_4$	4) двойные
	5) комплексные

А	Б	В	Г

Кислые и основные соли можно рассматривать как продукт неполного взаимодействия кислоты с основанием в реакции нейтрализации. В средних солях все атомы водорода соответствующей кислоты замещены на атомы металла; в кислых солях они замещены толь-

ко частично; в оснóвных солях группы атомов -OH соответствующего основания лишь частично замещены на кислотные остатки. Знание этих сведений необходимо для выполнения задания.

Сульфат цинка $ZnSO_4$ относится к средним солям; гидроксикарбонат меди $Cu_2(OH)_2CO_3$ – к оснóвным; гидросульфат натрия $NaHSO_4$ является кислой солью. Если в составе соли содержатся два разных катиона и один анион, в нашем задании это алюмокалиевые квасцы $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, то такие соли относятся к двойным.

Ответ: 2341

Задание 14.

Установите соответствие между названием вещества и его молекулярной формулой.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФОРМУЛА
А) глицерин	1) $C_3H_6O_2$
Б) пропановая кислота	2) $C_3H_8O_3$
В) ацетон	3) C_3H_6O
Г) метилацетат	4) $C_2H_4O_2$
	5) C_2H_6O

А	Б	В	Г

Вначале по названию вещества определим его принадлежность к определенному классу. Так, глицерин – это трехатомный спирт, следовательно в его составе должно быть три атома кислорода. Из перечня молекулярных формул, указанных в задании, только одна $C_3H_8O_3$ имеет три атома кислорода. Чтобы убедиться в правильности выбранного соответствия, необходимо оставить структурную формулу этого соединения:

$$\begin{array}{ccccc} CH_2 & - & CH & - & CH_2 \\ | & & | & & | \\ OH & & OH & & OH \end{array}$$

В составе пропионовой кислоты, также как и в составе сложного эфира метилацетата, содержится по 2 атома кислорода. При этом указанные вещества различаются своими функцио-

нальными группами. Структурные формулы $CH_3 - CH_2 - COOH$ и $CH_3 - \overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C} - O - CH_3$ помогают установить, что соединение с функциональной группой – COOH – пропановая кислота, а с группой атомов $-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}\underset{\underset{\displaystyle O-}{|}}{}$ метилацетат.

Ацетон принадлежит к классу кетонов. В их составе содержится только один атом кислорода. В соответствии со структурной формулой ацетона $CH_3 - CO - CH_3$ его молекулярной формулой является C_3H_6O.

Ответ: 2131

Задание 15.

Установите соответствие между молекулярной формулой вещества и классом (группой) органических соединений, к которому(ой) оно принадлежит.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФОРМУЛА	КЛАСС (ГРУППА) ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
А) C_4H_6	1) углеводы
Б) $C_4H_8O_2$	2) арены
В) C_7H_8	3) алкины
Г) $C_5H_{10}O_5$	4) сложные эфиры
	5) альдегиды

А	Б	В	Г

Указанные в задании классы (группы) органических веществ по составу можно разделить на углеводороды и кислородосодержащие соединения.

Чтобы установить, к каким группам углеводородов относится вещество с молекулярной формулой C_4H_6, составим его структурные формулы.

Этому веществу отвечают две структурные формулы:

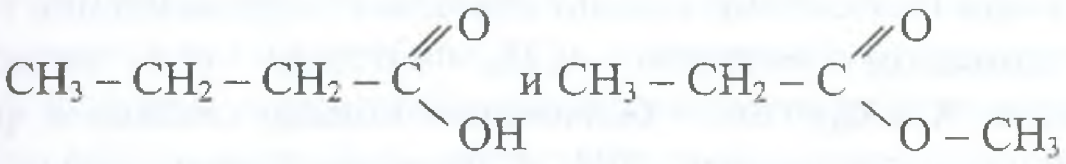
$HC \equiv C - CH_2 - CH_3$ и $H_2C = CH - CH = CH_2$.

Наличие в молекуле одного из этих веществ тройной связи (C≡C) свидетельствует о том, что углеводород относится к алкинам,

а двух двойных связей в другом – что оно относится к алкадиенам. В перечне веществ, указанных в условии, есть только алкины. Значит, вещество состава C_4H_6 отнесем к алкинам.

Состав молекулы C_7H_8 соответствует общей формуле C_nH_{2n-6} класса аренов. Значит, веценство состава C_7H_8 является ареном.

Веществу состава $C_4H_8O_2$ могут соответствовать две структурные формулы.



Иначе говоря, это вещество может относится как к карбоновым кислотам, так и к сложным эфирам В перечне указанных веществ, карбоновые кислоты отсутствуют, значит это будет сложный эфир.

Веществу состава $C_5H_{10}O_5$ соответствует общая формула $C_n(H_2O)_m$. Это углевод.

Ответ: 3421

При выполнении заданий, где требуется по формуле определить название органического соединения и установить его принадлежность к определенному классу, необходимы знания о функциональных группах. Приведем пример.

Задание 16.

Установите соответствие между формулой вещества и его названием.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА
А) CH_3CH_2COH	1) пропаналь
Б) HO – – CH_3	2) хлоруксусная кислота
В) Cl – CH_2COOH	3) 4-бромaнилин
Г) Br – – NH_2	4) 4-метилфенол
	5) этанол

А	Б	В	Г

Функциональная группа – СОН связана с углеводородным радикалом в молекулах альдегидов, значит, вещество с формулой CH_3CH_2COH имеет название с окончанием -аль, пропаналь. В составе третьего по порядку вещества функциональной группой является – СООН и, кроме того, в углеводородном радикале один атом водорода замещен на хлор. Это вещество – хлоруксусная кислота. Два оставшихся вещества являются производными фенола, о чем свидетельствует наличие в их формулах бензольного кольца. В одном из них бензольное кольцо связано с гедроксильной группой и радикалом метилом $-CH_3$. Отсюда его название: 4-метилфенол. А в другом – бензольное кольцо связано с функциональной группой аминов $-NH_2$ и бромом, следовательно, его название 4-броманилин.

Ответ: 1423

К следующей группе относятся задания на установление соответствия между названием вещества и общей формулой гомологического ряда, к которому оно относится.

Задание 17.

Установите соответствие между названием соединения и общей формулой отвечающего ему гомологического ряда.

НАЗВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ	ОБЩАЯ ФОРМУЛА
А) октен	1) C_nH_{2n+2}
Б) изопрен	2) C_nH_{2n}
В) циклопропан	3) C_nH_{2n-2}
Г) декан	4) C_nH_{2n-4}
	5) C_nH_{2n-6}

А	Б	В	Г

Необходимо, прежде всего, определить, к какому гомологическому ряду относится вещество, название которого дано в условии. А затем, применив знания общих формул разных гомологических рядов углеводородов, установить это соответствие. В данном задании следует обратить внимание на название вещества изопрен, которое согласно систематической номенклатуре называется 2-метилбутадиен-1,3, и циклопропан, так как циклопарафины являются межклассовыми изомерами алкенов.

Ответ: 2321

Основой содержания другой группы заданий являются сведения о строении и свойствах различных неорганических и органических веществ. Эти задания предусматривают:

а) установление соответствия между:

– схемами превращений и формулами веществ, необходимых для последовательного осуществления этих превращений;

– реагирующими веществами и продуктами реакций;

б) выбор:

– веществ, взаимодействие с которыми подтверждает характерные свойства одного или двух соединений;

– веществ, взаимодействие с которыми подтверждает сходство или различие свойств представителей одного или разных классов соединений.

Охарактеризуем особенности этих заданий на конкретных примерах.

Задание 18.

Установите соответствие между схемами превращений и формулами веществ, необходимых для последовательного осуществления этих превращений.

СХЕМЫ ПРЕВРАЩЕНИЙ	ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВ
А) $Fe \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe \rightarrow FeCl_2$	1) H_2SO_4, Mg, HCl
Б) $Si \rightarrow Mg_2Si \rightarrow Mg(OH)_2 \rightarrow MgSO_4$	2) Ca, H_2O, O_2
В) $Si \rightarrow Ca_2Si \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow CaSiO_3$	3) H_2SO_4, Mg, Cl_2
Г) $Si \rightarrow Ca_2Si \rightarrow SiH_4 \rightarrow SiO_2$	4) Mg, H_2O, H_2SO_4
	5) Ca, H_2O, SiO_2

А	Б	В	Г

Для выполнения этого задания необходимо знание химических свойств металлов и неметаллов, их оксидов и водородных соединений, свойств гидроксидов и солей, а также умения определять (в необходимых случаях) условия протекания реакций. Следует также иметь в виду, что классы веществ, как неорганических, так и органических, связаны между собой.

Из простых веществ: металлов и неметаллов можно получить сложные вещества, например, оксиды. Из оксидов получают гидроксиды (основания и кислоты), которые при взаимодействии ме-

жду собой образуют соли. Из предельных углеводородов могут быть получены непредельные; из углеводородов – спирты, альдегиды и т.д.

Выполнение задания начнем с рассмотрения схем превращений веществ, обозначенных в условии под буквами А, Б, В, Г.

Зная химические свойства железа, мы можем заключить, что сульфат железа (III) может быть получен в результате взаимодействия железа с серной кислотой (т.к. запись уравнений химических реакций при выполнении подобных заданий не предусмотрена, то определять другие продукты реакции, кроме сульфата железа (III), в целях экономии времени не требуется). Далее, следуя схеме превращений (А), рассуждаем так.

Из солей металлы можно получить в свободном виде путем вытеснения их другим, более активным металлом.

Согласно нашим рассуждениям необходимые вещества – H_2SO_4 и Mg (более активный металл) указаны в задании под номерами 1 и 3. Остается выбрать третье необходимое вещество из оставшихся двух – соляная кислота HCl (1) и хлор Cl_2 (3).

Чтобы не допустить ошибку при выборе ответа, следует помнить, что при взаимодействии железа с галогенами, образуются соли трехвалентного железа (например, $FeCl_3$), а при взаимодействии с галогеноводородными кислотами – соли двухвалентного железа ($FeCl_2$). Следовательно, для осуществления превращений веществ по этой схеме следует выбрать последовательно вещества: H_2SO_4, Mg, HCl.

Далее подобным образом анализируем схемы превращений, обозначенные буквами Б, В и Г. При этом полезно помнить, что с водой и кислотами взаимодействуют, в отличие от карбидов, лишь силициды щелочных и щелочноземельных металлов (Ca_2Si, Mg_2Si).

Ответ: 1452

Задание 19.

Установите соответствие меду реагирующими веществами и продуктами их взаимодействия.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) $Ca(HCO_3)_2+Ca(OH)_2\rightarrow$	1) $CaCO_3+H_2O$
Б) $Ca(HCO_3)_2+H_2SO_4\rightarrow$	2) $CaCO_3+CO_2+H_2O$
В) $Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ}$	3) $CaSO_4+H_2O$
Г) $CaCO_3+CO_2+H_2O\rightarrow$	4) $CaSO_4+CO_2+H_2O$
	5) $CaCO_3+CO_2+H_2$
	6) $Ca(HCO_3)_2$

А	Б	В	Г

Для выполнения этого задания необходимо знание того, что при растворении оксида углерода (IV) в воде образуется угольная кислота и при этом в растворе устанавливается равновесие:

$$H_2O + CO_2 \rightleftarrows H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^- \rightleftarrows 2H^+ + CO_3^{2-}$$

образование и разложение кислоты — электролитическая диссоциация кислоты с образованием разных анионов

Это объясняется тем, что в свободном виде угольная кислота не существует и легко разлагается на воду и оксид углерода (IV). При диссоциации как двухосновная кислота она образует два разных аниона: HCO_3^- и CO_3^{2-}, следовательно, ей соответствуют два ряда солей – средние соли карбонаты и кислые – гидрокарбонаты.

При действии избытка оксида углерода (IV) нерастворимые в воде карбонаты превращаются в растворимые гидрокарбонаты:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$$

взвесь в воде — избыток — гидрокарбонат кальция

Гидрокарбонаты при нагревании разлагаются на карбонаты, углекислый газ и воду.

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

Кроме того они, как и все другие соли, взаимодействуют в растворе с основаниями и кислотами.

Ответ: 1426

Задание 20.

Фенол взаимодействует с растворами:

1) $Cu(OH)_2$
2) $FeCl_3$
3) H_2SO_4
4) Br_2
5) Na_2CO_3
6) HF

Вспомним, что фенол – это кислородосодержащее органическое соединение, в котором гидроксогруппа непосредственно соединена с бензольным кольцом (C_6H_5–OH). Взаимное влияние этих двух компонентов молекулы делает более подвижным атом водорода гидроксогруппы, что и определяет слабые кислотные свойства фенола, водный раствор которого называют «карболовой кислотой».

Следует обратить внимание, что в качестве вариантов ответа предложены формулы неорганических веществ. Например, формулы двух кислот (HF и H_2SO_4), с которыми фенол, как вещество с кислотными свойствами, в реакцию не вступает.

Как очень слабая кислота фенол реагирует только с растворами щелочей, поэтому реакция с нерастворимым в воде гидроксидом меди (II) – $Cu(OH)_2$ и раствором карбоната натрия (Na_2CO_3) не пойдет.

Наличие бензольного кольца предполагает возможность протекания реакций замещения, характерных для ароматических соединений. Одной из таких реакций является взаимодействие с бромной водой (Br_2).

Качественной реакцией на фенол служит взаимодействие с хлоридом железа (III) – $FeCl_3$, в результате которого образуется раствор фиолетового цвета.

Ответ: 24

Задание 21.

Пропиламин взаимодействует с:

1) гидроксидом меди (II)
2) муравьиной кислотой
3) бензолом
4) бутаном
5) хлороводородом
6) кислородом

Предельные амины, к которым относится пропиламин, являются производными аммиака (NH_3). Особенностью их строения является наличие у атома азота аминогруппы неподеленной электронной пары, посредством которой пропиламин может образовывать с ионом водорода (H^+) четвертую ковалентную связь по донорно-акцепторному механизму. Так как ион водорода, главным образом, является носителем кислотных свойств, то, следовательно, амины в подобных реакциях проявляют свойства оснований.

Таким образом, выбирая из предложенного перечня веществ те, которые будут реагировать с пропиламином, остановим свой выбор на муравьиной кислоте (HCOOH) и хлороводороде (HCl). Зная, что все органические вещества вступают в реакции горения, а так же проведя аналогию с аммиаком, способным проявлять восстановительные свойства, выберем кислород.

Бензол и бутан в реакцию с пропиламином не вступают.

Ответ: 256

Задание 22.

Продуктами гидролиза сложных эфиров состава $C_7H_{14}O_2$ могут быть:

1) этанол и бутилацетат
2) пропаналь и диметиловый эфир
3) метановая кислота и гексанол
4) бутановая кислота и пропаналь
5) гексановая кислота и бутанол
6) пентановая кислота и этанол

Вспомним, что реакция гидролиза сложных эфиров является обратной этерификации – реакции образования сложных эфиров из кислоты и спирта. Далее обратимся к формуле сложных эфиров состава $C_7H_{14}O_2$. На основе их формулы выскажем предположение о возможном числе атомов углерода в составе образующихся при их гидролизе кислоты и спирта: 1 и 6; 2 и 5; 3 и 4. Используя знания номенклатуры кислот и спиртов, выбираем те из них, которые имеют в своем составе указанное число атомов углерода. Такими веществами являются: метановая кислота и гексанол, пентановая кислота и этанол.

Ответ: 36

Задание 23.

Для ацетилена характерны:

1) sp^2-гибридизация

2) наличие в молекуле 3σ и 2π-связей

3) хорошая растворимость в воде

4) реакция полимеризации

5) взаимодействие с оксидом меди (II)

6) взаимодействие с аммиачным раствором оксида серебра (I)

Установим принадлежность ацетилена к определенному классу углеводородов.

Состав молекулы ацетилена C_2H_2, структурная формула H – C ≡ C – H. Это – непредельный углеводород, относящийся к классу алкинов.

Особенностью строения алкинов является наличие в их молекулах тройной связи между атомами углерода, которая образована одной σ– и 2π-связями. Такая структура молекулы и тип связи позволяют сделать вывод, что для атомов углерода характерна *sp* – гибридизация. Учитывая наличие еще двух σ-связей между атомами C – H, определяем общее число связей в молекуле: 3σ– и 2π–связи.

Хорошая растворимость в воде для ацетилена не характерна, так как в его молекулах отсутствуют сильнополярные связи.

Рассмотрим следующие варианты ответа, предложенные в задании

Ацетилен – вещество с кратной связью. Для таких веществ основным типом реакций является реакция присоединения, одной из разновидностей которых и является реакция полимеризации.

Ацетилен реагирует с аммиачным раствором оксида серебра $[Ag(NH_2)_2]OH$. Это связано со слабыми кислотными свойствами ацетилена, которые проявляются в способности атомов водорода в молекуле ацетилена замещаться на ионы металла.

Оксид меди (II) – CuO, имея слабые окислительные свойства, в реакцию с ацетиленом не вступает.

Ответ: 246

Задание 24.

Соляная кислота **не взаимодействует** с:

1) гидроксидом натрия (раствор)
2) кислородом
3) магнием
4) сульфатом натрия (раствор)
5) оксидом кальция
6) пермангинатом калия (крист.)

При выполнении задания следует обратить особое внимание на наличие в его условии отрицания. Оно означает, что необходимо из предложенного перечня веществ выбрать те, с которыми соляная кислота (HCl) в реакции не вступает. Последовательность выполнения задания может быть такой.

Вначале вспомним, с какими веществами взаимодействуют растворы кислот. Это, безусловно, основания, основные оксиды и металлы, стоящие в электрохимическом ряду напряжений левее водорода. Следовательно, соляная кислота будет вступать в реакции с раствором гидроксида натрия, оксидом кальция, магнием, с кристаллическим перманганатом калия ($KMnO_4$), проявляющим сильные окислительные свойства.

А вот с раствором сульфата натрия соляная кислота взаимодействовать не будет, т.к. эта реакция обмена практически неосуществима.

И газообразный кислород окислить ионы хлора, находящиеся в водном растворе, не может.

Ответ: 24

Задание 25.

И цинк, и раствор гидроксида натрия способны реагировать с:

1) гидроксидом кальция
2) соляной кислотой
3) хлоридом меди (II)
4) нитратом калия
5) оксидом меди (II)
6) хлором

Из предложенного перечня веществ необходимо выбрать те вещества, которые будут взаимодействовать с цинком (Zn) и с гидроксидом натрия (NaOH).

Среди химических свойств, характерных как для цинка, так и для гидроксида натрия, можно назвать их взаимодействие с соляной кислотой.

Взаимодействовать оба вещества будут и с хлоридом меди (II): цинк, являясь более активным металлом, чем медь, вытесняет ее из водного раствора соли; при взаимодействии гидроксида натрия с этой солью образуется новое основание, нерастворимое в воде.

В реакцию с гидроксидом кальция ($Ca(OH)_2$) не вступает гидроксид натрия, а с оксидом меди (II) не реагируют оба вещества.

Хлор взаимодействует с цинком как активный неметалл, а при взаимодействии его с гидроксидом натрия происходит окислительно-восстановительная реакция, где степень окисления меняют только атомы хлора.

$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaClO + H_2O$

Ответ: 236

Задание 26.

Олеиновая кислота может реагировать с:

1) водородом
2) бромоводородом
3) медью
4) хлоридом хрома (III)
4) азотом
6) карбонатом натрия

Олеиновая кислота ($C_{17}H_{33}COOH$) относится к непредельным карбоновым кислотам. Наличие в ее молекуле двойной связи обуславливает возможность реакции кислоты с водородом и с бромоводородом. Олеиновая кислота является нерастворимой кислотой, поэтому взаимодействие ее с солями ($CrCl_3$ и Na_2CO_3) невозможно. С медью реакция также не пойдет, так как этот металл в ряду активности стоит после водорода. Азот с кислотами не реагирует. Таким образом, из перечисленных в условии задания веществ олеиновая кислота может взаимодействовать только с водородом и с бромоводородом.

Ответ: 12

Задание 27.

С бромводородом взаимодействуют:

1) этан
2) этилен
3) бензол
4) фенол
5) глицин
6) β-аминопропионовая кислота

В данном задании рассматривается возможность протекания реакций между неорганическим веществом – бромводородом (HBr) и представителями различных классов органических соединений.

Взаимодействие углеводородов с бромоводородом может протекать только как реакция присоединения, что является характерным для этилена ($CH_2 = CH_2$). Для этана (C_2H_6) и бензола (C_6H_6) взаимодействие с бромоводородом не характерно.

Фенол (C_6H_5OH), проявляющий слабые кислотные свойства, во взаимодействие с бромоводородом, раствор которого также является кислотой, не вступает.

Анализируя свойства глицина (аминоуксусной кислоты $NH_2 – CH_2 – COOH$) и β-аминопропионовой кислоты ($H_2N – CH_2 – CH_2 – COOH$) необходимо вспомнить, что в составе этих соединений кроме карбоксильной группы есть и аминогруппа. Наличие аминогруппы определяет способность этих веществ проявлять основные свойства, а, следовательно, и их способность вступать в реакцию с бромоводородом.

Ответ: 256

К подобному типу заданий относятся также задания, выполнение которых требует знаний о закономерностях протекания химических реакций. Приведем примеры.

Задание 28.

Взаимодействие пропена и бромоводорода

1) протекает по правилу В.В. Марковникова
2) приводит к образованию 2-бромпропана
3) относится к реакциям замещения
4) не сопровождается разрывом π-связи
5) осуществляется по ионному механизму
6) приводит к образованию 2,2-дибромпропана

Правило Марковникова применимо для реакций присоединения к алкенам, которые чаще всего протекают по ионному механизму.

Присоединение бромоводорода к пропену также протекает по ионному механизму. Согласно этому правилу: при присоединении полярных молекул, каковой и является HBr, к несимметричным алкенам водород преимущественно присоединяется к более гидрогенизированному атому углерода при двойной связи.

$CH_3 - CH = CH_2 + HBr \rightarrow CH_3 - CHBr - CH_3$

(Так происходит, если не оговорены условия реакции. Если же, например, эту же реакцию проводить в присутствии перекиси водорода H_2O_2, то она пойдет вопреки правила Марковникова)

Воспользовавшись этими объяснениями, даем название полученному веществу по систематической номенклатуре.

Ответ: 125

Задание 29.

В соответствии со схемой реакции

$R - COOH + HO - R_1 \rightleftarrows R - COOR_1 + H_2O$

происходит взаимодействие между:

1) серной кислотой и пропанолом
2) метилпропионатом и этанолом
3) масляной кислотой и пропанолом-1
4) метанолом и этанолом
5) бутанолом-1 и олеиновой кислотой
6) пальмитиновой кислотой и метанолом

По уравнению химической реакции, представленной в задании в общем виде, можно судить о том, что это реакция этерифи-

кации. Известно, что продуктами такой реакции между кислотой и спиртом является сложный эфир. Следовательно, для выбора правильного ответа необходимо применить знания о классификации органических веществ и определить в какой из пар указанных веществ имеется кислота и спирт.

Ответ: 356

Задание 30.

Для метилциклогексана справедливы утверждения:

1) при нагревании с катализатором образует толуол
2) способен к реакциям дегидрирования
3) взаимодействует с хлором
4) все атомы углерода в его молекуле находятся в состоянии sp^2-гибридизации
5) является изомером гексана
6) не окисляется кислородом

Метилциклогексан относится к циклопарафинам – предельным углеводородом с замкнутой углеродной цепью. При его нагревании в присутствии катализатора происходит реакция дегидрирования, которая приводит к образованию толуола: $C_7H_{14} \xrightarrow{t^\circ, Ni} C_7H_8 + 3H_2$.

Как и все углеводороды предельных рядов метилциклогексан взаимодействует с хлором и кислородом.

Ответ: 123

Задание 31.

И глюкоза, и целлюлоза реагируют с

1) водородом
2) сульфатом меди (II)
3) уксусной кислотой
4) гидроксидом железа (III)
5) азотной кислотой
6) кислородом

И глюкоза, и целлюлоза относятся к классу углеводов. Общим в их строении является наличие нескольких гидроксильных групп. По этим группам протекают реакции этерификации с ук-

сусной и азотной кислотами. Как и все органические вещества, глюкоза и целлюлоза окисляются кислородом.

Таким образом, из перечисленных в условии задания веществ и глюкоза, и целлюлоза будут реагировать с уксусной кислотой, с азотной кислотой и кислородом.

Ответ: 356

I.4. Химическая реакция. Классификация химических реакций в неорганической и органической химии. Закономерности химических реакций

Среди заданий повышенного и высокого уровней сложности, используемых в экзаменационной работе, особое место отведено заданиям, которые ориентированы на проверку усвоения определенной системы элементов содержания о химической реакции. Это следующие элементы содержания: основные типы реакций в неорганической и органической химии; химическое равновесие; электролитическая диссоциация; реакции окислительно-восстановительные; гидролиз солей; электролиз растворов и расплавов солей; реакции, подтверждающие взаимосвязь различных классов неорганических и органических соединений.

Выполнение заданий, построенных на основе этого содержания, требует умений: *классифицировать* химические реакции (в неорганической и органической химии) по всем известным признакам классификации; *определять* характер среды водных растворов веществ, окислитель и восстановитель, влияние различных факторов на скорость химических реакций и на смещение химического равновесия; *составлять*: а) уравнения химических реакций различных типов; б) уравнения электролитической диссоциации кислот, щелочей, солей; в) полные и сокращенные ионные уравнения реакций обмена.

В структуре экзаменационной работы представлены задания практически по всем основным темам данного раздела. Приведем примеры этих заданий и охарактеризуем способы их выполнения.

Реакции ионного обмена. Гидролиз солей

Задание 32.

Установите соответствие между сокращенными ионными уравнениями реакций обмена и веществами, вступающими в реакцию.

СОКРАЩЕННЫЕ ИОННЫЕ УРАВНЕНИЯ	РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА
А) $Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3 \downarrow$	1) H_2SO_4 и $BaCl_2$
Б) $H^+ + OH^- = H_2O$	2) Na_2S и $Cu(NO_3)_2$
В) $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4 \downarrow$	3) $Cu_3(PO_4)_2$ и ZnS
Г) $Cu^{2+} + S^{2-} = CuS$	4) $Ba(OH)_2$ и HCl
	5) Na_2CO_3 и $CaBr_2$
	6) $Ca(NO_3)_2$ и $HCOOH$

А	Б	В	Г

Исходными положениями для выполнения таких заданий являются следующие.

1. Реакции ионного обмена протекают только в растворах и идут до конца в случае: а) выпадения осадка; б) выделения газа; в) образования малодиссоциирующего вещества.

2. Сущность реакции обмена выражается сокращенным ионным уравнением.

С учетом высказанных положений рассуждаем так. В результате взаимодействия ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} образуется нерастворимое в воде вещество карбонат кальция ($CaCO_3$). Это признак протекания реакции ионного обмена до конца. Такая реакция идет в водных растворах солей, образующих при диссоциации ионы Ca^{2+} ($CaBr_2$) и CO_3^{2-} (Na_2CO_3).

Далее по всем остальным реакциям рассуждаем аналогично.

Ответ: 5412

Задание 33.

Установите соответствие между исходными веществами и продуктами, которые преимущественно образуются в ходе реакции.

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ
А) $K_2SiO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow$	1) $Al(OH)_3 + KCl$
Б) $K_2SiO_3 + HCl \rightarrow$	2) $Al(OH)_3 + KCl + CO_2$
В) $AlCl_3 + K_2CO_3 + H_2O \rightarrow$	3) $SiO_2 + KHCO_3$
Г) $AlCl_3 + KOH \rightarrow$	4) $KCl + H_2SiO_3$
	5) $H_2SiO_3 + K_2CO_3$
	6) $KCl + SiO_2 + H_2O$

В отличие от предыдущего задания, в котором в соответствии с сокращенным ионным уравнением необходимо было определить вступающие в реакцию вещества, в этом задании даны исходные вещества, в результате взаимодействия которых следует определить продукты реакции.

Анализируя состав исходных веществ, приходим к выводу о том, что все исходные вещества – электролиты, между ними происходят реакции ионного обмена с образованием осадков. Так в результате реакции:

$K_2SiO_3 + H_2O + CO_2 = H_2SiO_3\downarrow + K_2CO_3$

происходит образование нерастворимой кремниевой кислоты вследствие того, что угольная кислота ($H_2O + CO_2$) более сильная и вытесняет кремниевую из ее солей.

Такое же взаимодействие происходит между силикатом калия и соляной кислотой, хлоридом алюминия и гидроксидом калия.

При выполнении задания следует обратить внимание на взаимодействие хлорида алюминия ($AlCl_3$) с карбонатом калия (K_2CO_3) в присутствии воды. Чтобы получить правильный ответ, нужно помнить, что соли алюминия и сильных кислот не только хорошо растворяются в воде, но и в значительной степени подвергаются гидролизу по катиону, создавая в растворе кислую среду. Вследствие этого реакция между $AlCl_3$ и K_2CO_3 в присутствии воды протекает по уравнению:

$2AlCl_3 + 3K_2CO_3 + 3H_2O = 2Al(OH)_3 + 6KCl + 3CO_2$

Ответ: 5421

Задание 34.

Установите соответствие между названием соли и отношением ее к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	ОТНОШЕНИЕ К ГИДРОЛИЗУ
А) сульфид алюминия	1) гидролизуется по катиону
Б) сульфид натрия	2) гидролизуется по аниону
Г) нитрат магния	3) гидролизуется по катиону и аниону
Г) сульфит калия	4) не гидролизуется

А	Б	В	Г

Взаимодействие солей с водой, в результате которого образуются кислота (или кислая соль) и основание (или основная соль), относят к реакциям гидролиза.

Известно, что типичным способом получения солей является реакция нейтрализации между кислотой и основанием. От силы кислоты и основания, образующих соль, зависит характер гидролиза этой соли в водном растворе.

С учетом выше сказанного охарактеризуем соли, представленные в условии задания и затем определим тип их гидролиза.

Солью сильного основания и слабой кислоты является сульфид натрия Na_2S. В процессе гидролиза этой соли:

$$Na_2S + H_2O \rightleftarrows NaHS + NaOH$$

или в ионной форме:

$$S^{2-} + H_2O \rightleftarrows HS^- + OH^-;\ HS^- + H_2O \rightleftarrows H_2S + OH^-$$

образуется слабый электролит – сероводородная кислота (H_2S) и раствор приобретает щелочную среду, вследствие появления в нем ионов OH^-. Таким образом, гидролиз протекает по аниону.

Аналогично характеризуем другую соль – сульфит калия, который также гидролизуется по аниону.

Солью слабого основания и сильной кислоты является $Mg(NO_3)_2$ – нитрат магния. В результате гидролиза этой соли:

$$Mg(NO_3)_2 + H_2O = Mg(OH)NO_3 + HNO_3$$

$$Mg^{2+} + H_2O = Mg(OH)^+ + H^+$$

раствор приобретает кислую среду, следовательно, гидролиз протекает по катиону.

Сульфид алюминия Al_2S_3 – соль слабого основания и слабой кислоты. При растворении в воде таких солей образуются малодиссоциирующие кислота и основание:

$$Al_2S_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2S\uparrow$$

Этот гидролиз необратим, он протекает как по катиону, так и по аниону.

Следует заметить, что реакция среды в растворах солей зависит от относительной силы кислоты и основания. Иначе говоря, водные растворы солей могут иметь кислую, щелочную или нейтральную среду в зависимости от констант диссоциации образующихся кислот и оснований.

Ответ: 3212

Задание 35.

Установите соответствие между солью и ее отношением к гидролизу.

ФОРМУЛА СОЛИ	ОТНОШЕНИЕ К ГИДРОЛИЗУ
А) KNO_3	1) гидролизуется по катиону
Б) CuF_2	2) гидролизуется по аниону
В) $CrBr_3$	3) гидролизуется по катиону и аниону
Г) CH_3COOK	4) не гидролизуется

При выполнении этого задания используются те же подходы, что и в предыдущем задании. Однако обратим внимание на то, что соли, образованные катионами сильных оснований и анионами сильных кислот, гидролизу не подвергаются, они лишь диссоциируют при растворении в воде. В растворе таких солей, в нашем примере это нитрат калия KNO_3, среда нейтральная:

$$KNO_3 \rightarrow K^+ + NO_3^-.$$

Ответ: 4312

Другим видом заданий, проверяющих усвоение понятия гидролиза, являются задания на определение характера среды водного раствора соли.

Задание 36.

Установите соответствие между составом соли и реакцией среды ее водного раствора.

СОЛЬ	РЕАКЦИЯ СРЕДЫ
А) нитрат калия	1) кислая
Б) сульфат алюминия	2) нейтральная
В) сульфид калия	3) щелочная
Г) ортофосфат натрия	

А	Б	В	Г

Задание выполняется аналогично предыдущему.

Нитрат калия KNO_3 – соль образована сильным основанием и сильной кислотой. Ее водный раствор имеет нейтральную среду.

Сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_2$ – соль образована слабым основанием и сильной кислотой, среда ее раствора – кислая (А) и т.д.

Ответ: 2133

В некоторых заданиях требуется установить соответствие между формулой соли и молекулярно-ионным уравнением гидролиза этой соли.

Задание 37.

Установите соответствие между формулой соли и молекулярно-ионным уравнением гидролиза этой соли.

ФОРМУЛА СОЛИ	МОЛЕКУЛЯРНО-ИОННОЕ УРАВНЕНИЕ
А) $CuSO_4$	1) $CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-$
Б) K_2CO_3	2) $NH_4^+ + H_2O \rightleftarrows NH_3 \cdot H_2O + H^+$
В) CH_3COONa	3) $Cu^{2+} + H_2O \rightleftarrows Cu(OH)^+ + H^+$
Г) $(NH_4)_2SO_4$	4) $CO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows HCO_3^- + OH^-$
	5) $Cu^{2+} + 2H_2O \rightleftarrows Cu(OH)_2 + 2H^+$

А	Б	В	Г

Успешному выполнению задания способствуют знания о составе соли и типе ее гидролиза. Сульфат меди $CuSO_4$ – соль, образована слабым основанием и сильной кислотой, следовательно, гидролиз ее протекает по катиону. Ему соответствует молекулярно-ионное уравнение гидролиза по первой ступени:

$$Cu^{2+} + H_2O \rightleftarrows CuOH^+ + H^+$$

Гидролиз карбоната калия K_2CO_3 – соли, образованной сильным основанием и слабой кислотой, – протекает по аниону, что соответствует уравнению:

$$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows HCO_3^- + OH^-$$

Соответствие между формулами оставшихся солей (CH_3COONa и $(NH_4)_2SO_4$) и молекулярно-ионными уравнениями их гидролиза устанавливаем аналогично.

Ответ: 3412

Реакции окислительно-восстановительные

Для выполнения заданий, построенных на данном материале, необходимо знание того, что реакции окислительно-восстановительные протекают с изменением степени окисления атомов, входящих в состав реагирующих веществ. Это обусловлено переходом электронов от одних атомов к другим. *Умение определять, какие атомы отдают электроны (окисляются), а какие принимают (восстанавливаются),* предупреждает ошибки в распознавании вещества-окислителя или вещества-восстановителя, облегчает расстановку коэффициентов в уравнении окислительно-восстановительной реакции, помогает объяснить сущность самого процесса окисления-восстановления, в частности, процесса электролиза растворов и расплавов солей.

Обратимся к конкретным примерам.

Задание 38.

Установите соответствие между исходными веществами и серосодержащим продуктом, образующимся в результате реакции.

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА	СЕРОСОДЕРЖАЩИЙ ПРОДУКТ
А) $S + H_2SO_4$ (конц.) $\rightarrow$	1) H_2S
Б) $S + HNO_3$ (конц.) $\rightarrow$	2) S
В) $H_2S + FeCl_3 \rightarrow$	3) SO_2
Г) $H_2S + SO_2 \rightarrow$	4) H_2SO_3
	5) SO_3
	6) H_2SO_4

А	Б	В	Г

При внимательном анализе условия задания приходим к выводу о том, что исходные вещества проявляют как свойства окислителей, так и свойства восстановителей. Сероводородная кислота (H_2S), так же как и сероводород, – типичный восстановитель и окисляется не только сильными окислителями, например, хлором, но и более слабыми, например, оксидом серы (IV):

$2H_2S + SO_2 = 3S\downarrow + 2H_2O$, или ионами трехвалентного железа (Fe^{3+}):

$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + S\downarrow + 2HCl$.

Как видим, одним из продуктов реакций является, в том и другом случае, сера.

Концентрированная серная кислота проявляет свойства окислителя. Она окисляет почти все металлы (независимо от их положения в электрохимическом ряду напряжений) и многие неметаллы, например, углерод, серу, фосфор. В роли окислителя в кислоте выступают атомы серы, имеющие степень окисления +6. Продуктами восстановления кислоты являются: SO_2, S, H_2S. Степень восстановления кислоты зависит как от ее концентрации, так и от активности восстановителя.

При окислении серы концентрированной серной кислотой продуктом восстановления кислоты является оксид серы (IV) SO_2:

$S + 2H_2SO_4$ (конц.) $= 3SO_2\uparrow + 2H_2O$

Концентрированная азотная кислота также сильный окислитель.

При прочих равных условиях образование тех или иных продуктов восстановления азотной кислоты зависит от ее концентрации. Большинство неметаллов восстанавливает азотную кислоту, как правило, до NO (реже до NO_2).

$S + 2HNO_3$ (конц.) $\rightarrow H_2SO_4 + 2NO$.

Серосодержащим продуктом в этой реакции будет серная кислота H_2SO_4.

Ответ: 3622

Задание 39.

Установите соответствие между схемой реакции и формулой вещества, которое в данной реакции является восстановителем.

СХЕМА РЕАКЦИИ	ВОССТАНОВИТЕЛЬ
А) $Si + C \rightarrow SiC$	1) Si
Б) $NO_2 + Mg \rightarrow MgO + N_2$	2) C
В) $SO_2 + O_2 \rightarrow SO_3$	3) Mg
Г) $NO_2 + SO_2 \rightarrow SO_3 + NO$	4) NO_2
	5) SO_2
	6) O_2

А	Б	В	Г

При выполнении этого задания необходимо обратить внимание на изменение степени окисления атомов химических элементов в каждой из схем окислительно-восстановительных реакций. При этом важно руководствоваться правилом: а) элемент окисляется → отдает электроны → повышает степень окисления → является восстановителем; б) элемент восстанавливается → принимает электроны → понижает степень окисления → является окислителем.

Далее в схемах реакций надо расставить степени окисления элементов, выписать формулы веществ, в которых элемент повышает (или понижает) степень окисления и, в соответствии с этим правилом, для каждой схемы реакции установить вещество-восстановитель.

Ответ: 1355

Задание 40.

Установите соответствие между уравнением реакции и формулой вещества, которое в данной реакции является окислителем.

УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ	ОКИСЛИТЕЛЬ
А) $H_2S + I_2 = S + 2HI$	1) NO_2
Б) $2S + C = CS_2$	2) H_2S
В) $2SO_3 + 2KI = I_2 + SO_2 + K_2SO_4$	3) HI
Г) $S + 3NO_2 = SO_3 + 3NO$	4) S
	5) SO_3
	6) I_2

А	Б	В	Г

Алгоритм выполнения данного задания такой же, как и предыдущего, с той лишь разницей, что в каждом из приведенных уравнений реакций необходимо указатель окислитель.

Используя правило о том, что окислителем является элемент, который принимает электроны и при этом понижает степень окисления, находим эти элементы в уравнениях реакций. Так в реакции, уравнение которой

$$H_2S + I_2 = S + 2HI,$$

сера повышает степень окисления: $S^{-2} \rightarrow S^0$; а иод ее понижает: $I_2^0 \rightarrow 2I^-$. Следовательно, окислителем является I_2.

Составив подобные схемы для каждого из оставшихся уравнений, получим правильный ответ.

Ответ: 6451

Задание 41.

Установите соответствие между уравнением окислительно-восстановительной реакции и изменением степени окисления серы в ней.

УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ	ИЗМЕНЕНИЕ СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ СЕРЫ
А) $2Al + 3S = Al_2S_3$	1) от -2 до +4
Б) $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$	2) от -2 до 0
В) $2H_2S + 3O_2 = 2H_2O + 2SO_2$	3) от 0 до –2
Г) $H_2S + Br_2 = 2HBr + S$	4) от +6 до +4
	5) от +4 до +6

А	Б	В	Г

При выполнении задания необходимо определить степень окисления серы в исходном веществе и в продукте реакции и сравнить с данными ответов, например: $S^0 \rightarrow S^{-2}$; $S^{+4} \rightarrow S^{+6}$ и т.д.

Ответ: 3512

Задание 42.

Установите соответствие между схемой реакции и формулой недостающего в ней вещества.

СХЕМА РЕАКЦИИ	ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА
А) $P + HNO_3$ (конц.) $\rightarrow H_3PO_4 + H_2O + \ldots$	1) NO
Б) $Ca + HNO_3$ (разб) $\rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O + \ldots$	2) NO_2
В) $Cu + HNO_3$ (разб) $\rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2O + \ldots$	3) N_2O
Г) $C + HNO_3$ (конц.) $\rightarrow CO_2 + H_2O + \ldots$	4) N_2O_3
	5) N_2O_5

А	Б	В	Г

Азотная кислота является сильным окислителем. Сущность окисления различных веществ азотной кислотой заключается в том, что ион NO_3^-, имеющей в своем составе азот в степени окисления +5, может принимать от одного до восьми электронов в зависимости от условий (концентрации кислоты, природы восстановителя, температуры).

С этих позиций для выяснения вопроса, какого вещества недостает в схеме реакции, рассмотрим каждый из реагентов.

Большинство неметаллов восстанавливают концентрированную HNO_3, как правило, до оксида азота (II), реже до оксида азота (IV).

$P + 5HNO_3$(конц.) $= H_3PO_4 + 5NO_2 + H_2O$

$3C + 4HNO_3$(конц.) $= 4NO + 3CO_2 + 2H_2O$

$C + 4HNO_3$(конц.) $= CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$

При действии на разбавленную азотную кислоту металлами ион NO_3^- переходит в NO, иногда, в зависимости от активности металла и концентрации кислоты, – в N_2O.

$8HNO_{3(разб.)} + 3Cu = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

$10HNO_{3(разб.)} + 4Ca = 4Ca(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$

Ответ: 2312 или 2112

Далее будут приведены примеры заданий, которые требуют развернутого ответа. В отличие от заданий двух предыдущих типов они проверяют не только усвоение такого понятия как окислительно-восстановительные реакции, но и умение объяснять сущность и закономерности протекания этих реакций. Ответ должен быть подробным, с описанием всего хода рассуждений; в нем необходимо записать все уравнения реакций, о которых идет речь в условии задания, а также дать ответы на все поставленные вопросы. Таким образом, очень важно внимательно прочитать само задание, в формулировке которого содержатся четкие требования к элементам ответа. Каждый правильно записанный элемент ответа оценивается в 1 балл, полностью выполненное задание – в 3 балла.

Успешность выполнения таких заданий во многом зависит от умений систематизировать и обобщать изученное, делать выводы и заключения.

Задание 43.

Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$KMnO_4 + MnSO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2 + \ldots + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

Метод электронного баланса, как известно, используют для нахождения коэффициентов в уравнениях окислительно-восстановительных реакций.

Прежде чем расставлять коэффициенты в этом уравнении, следует определить, какие элементы изменяют степень окисления.

Из схемы реакции видно, что:

$2 \mid Mn^{+7} + 3\bar{e} \rightarrow Mn^{+4}$

$3 \mid Mn^{+2} - 2\bar{e} \rightarrow Mn^{+4}$

элемент марганец, входящий в состав $KMnO_4$ понижает свою степень окисления до +4, т.е. принимает 3 электрона, а марганец в степени окисления +2 повышает ее до +4, следовательно, отдает 2 электрона. Процесс отдачи электронов называется окислением, а

элемент, который отдает электроны является восстановителем. Значит $MnSO_4$ за счет марганца в степени окисления +2 является восстановителем.

Процесс принятия электронов называется восстановлением, а элемент, который принимает электроны, является окислителем. Значит, $KMnO_4$ за счет марганца в степени окисления +7 является окислителем.

Далее необходимо составить уравнение реакции, а для этого нужно, прежде всего, знать, какие продукты образуются в результате неё.

В зависимости от среды, в которой протекает реакция, восстановление и окисление ионов происходит по-разному. Например, перманганат-ион MnO_4^- в кислотной среде переходит в катион Mn^{2+}, в щелочной среде – в манганат-ион MnO_4^{2-}, а в нейтральной среде – в оксид марганца (IV) MnO_2.

Коэффициенты, полученные при составлении электронного баланса, поставим в левую часть схемы реакции:

$2KMnO_4 + 3MnSO_4 + 2H_2O =$

Учитывая количество ионов калия и сульфат ионов в левой части, добавим в правую часть уравнения пропущенные формулы и коэффициенты к ним. Получим уравнение реакции:

$2KMnO_4 + 3MnSO_4 + 2H_2O = 5MnO_2 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4$

Задание 44.

Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$P + HNO_3 + \ldots \rightarrow NO + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

Запишем процессы окисления и восстановления, составим электронный баланс:

$3 \mid P^0 - 5\bar{e} \rightarrow P^{+5}$ процесс окисления, восстановитель,

$5 \mid N^{+5} + 3\bar{e} \rightarrow N^{+2}$ процесс восстановления, окислитель.

Следуя требованиям условия задачи укажем, что простое вещество фосфор является восстановителем, а азотная кислота, имея в своем составе азот в степени окисления +5, является окислителем.

Подставляем в уравнение реакции коэффициенты для окислителя и восстановителя.

$3P + 5HNO_3 + ... \rightarrow 5NO + ...$

и подсчитываем число атомов кислорода и водорода. Отсюда становится понятным, что в левой части уравнения недостающим веществом будет вода, тогда в правой части кроме оксида азота (II), фосфор с водой образует фосфорную кислоту. Дописываем в уравнение недостающие вещества и расставляем коэффициенты:

$3P + 5HNO_3 + 2H_2O = 3H_3PO_4 + 5NO$

Электролиз расплавов и растворов солей

Как показал единый государственный экзамен по химии, задания ориентированные на проверку усвоения учебного материала этой темы, оказались затруднительными для экзаменуемых. Поэтому, прежде чем познакомиться с такими заданиями, конспективно вспомним ряд важных вопросов: что такое электролиз, как он протекает, как предсказать состав продуктов электролиза в том или ином случае.

Электролизом называют совокупность окислительно-восстановительных процессов, протекающих на поверхности электродов, помещенных в расплав или раствор электролита, при пропускании постоянного электрического тока. Школьная программа предполагает знакомство с электролизом, протекающим с использованием так называемых инертных электродов (т.е. таких электродов, которые не участвуют в процессе электролиза). Именно этот случай мы и рассмотрим.

Для проведения электролиза необходимо два электрода (катод и анод) погрузить в расплав или водный раствор электролита и пропустить через систему постоянный электрический ток.

Катодом называют электрод, на котором протекают реакции восстановления ионов и молекул. Катод подсоединен к отрицательному полюсу источника постоянного тока.

Анодом называют электрод, на котором протекают реакции окисления ионов и молекул. Анод подсоединен к положительному полюсу источника постоянного тока.

Рассмотрим конкретные примеры.

Пример 1. Электролиз расплава хлорида кальция.

Хлорид кальция в расплаве диссоциирует с образованием ионов кальция и хлорид-ионов:

$$CaCl_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-$$

При пропускании электрического тока на катоде возможно восстановление катионов кальция, на аноде – окисление хлорид-анионов:

Катод(–): $Ca^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Ca^{0}$

Анод(+): $2Cl^{-} - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2^{0} \uparrow$

Других возможных реакций окисления-восстановления в этой системе не может быть. Суммарное уравнение электролиза расплава хлорида кальция имеет следующий вид:

$$CaCl_2 \xrightarrow{\text{электролиз}} Ca + Cl_2$$

Пример 2. Электролиз расплава КОН.

Расплав гидроксида калия содержит ионы K^+ и OH^-:

$KOH \rightarrow K^+ + OH^-$

При пропускании электрического тока через расплав гидроксида калия на электродах возможны следующие реакции:

Катод (–): $K^+ + \bar{e} \rightarrow K^0$ (восстановление ионов калия)

Анод (+): $4OH^- - 4\bar{e} \rightarrow 2H_2O + O_2^0 \uparrow$ (окисление гидроксид-ионов)

Суммарное уравнение электролиза выглядит так:

$$4KOH \xrightarrow{\text{электролиз}} 4K + 2H_2O + O_2 \uparrow$$

Рассмотренные выше примеры электролиза расплавов достаточно просты. В случае водных растворов необходимо учитывать возможность окисления и восстановления на электродах молекул воды:

Катод (–): $2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2^0 + 2OH^-$ (восстановление молекул воды)

Анод (+): $2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow 4H^+ + O_2^0 \uparrow$ (окисление молекул воды)

Для того, чтобы знать, какой катодный или анодный процесс будет протекать в каждом конкретном случае, полезно запомнить два правила.

Первое правило касается реакций на катоде. Запомнить это правило поможет ряд напряжений металлов, фрагмент которого приведен ниже.

Li^+	K^+	Ca^{2+}	Na^+	Mg^{2+}	Al^{3+}	Mn^{2+}	Cr^{2+}	Zn^{2+}	Fe^{2+}	Ni^{2+}
Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Cr	Zn	Fe	Ni

Sn^+	Pb^{2+}	H^+	Bi^{3+}	Cu^{2+}	Ag^{2+}	Hg^{2+}	Au^{3+}
Sn	Pb	H	Bi	Cu	Ag	Hg	Au

увеличивается окислительная способность катионов →

← увеличивается восстановительная способность металлов

Правило 1. Если металл расположен в ряду напряжений правее водорода, то при электролизе растворов его солей на катоде выделяется сам металл:

$$Me^{n+} + n\bar{e} \rightarrow Me^{O}$$

Если металл расположен в ряду напряжений левее марганца, то при электролизе водного раствора его солей на катоде вместо металла происходит восстановление молекул воды:

$$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2^O + 2OH^-$$

Наиболее сложны промежуточные случаи, касающиеся металлов, расположенных в середине ряда напряжений. Во всех этих случаях в принципе возможно одновременное восстановление и ионов металла, и молекул воды. Как правило, при электролизе концентрированного, не очень подкисленного раствора соли на катоде восстанавливается преимущественно металл. Именно так в промышленности проводят электрохимическое никелирование, хромирование, кадмирование и т.д. Если электролит разбавленный, да еще подкисленный, то преобладающим продуктом, выделяющимся на катоде, будет водород. При выполнении заданий, где речь идет об электролизе растворов солей металлов, находящихся в середине ряда напряжений, следует в ответе указать на одновременное выделение и металла, и водорода.

Второе правило касается анодных процессов. На аноде могут разряжаться или анионы соли, или молекулы воды.

Правило 2. Если анион бескислородный, то на аноде разряжается сам анион, например:

$$2Br^- - 2\bar{e} \rightarrow Br_2^O$$

$$S^{2-} - 2\bar{e} \rightarrow S^O$$

В случае кислородсодержащих анионов анодному окислению подвергаются молекулы воды:

$$2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow 4H^+ + O_2^O \uparrow$$

Из этого правила есть несколько исключений, например, фторид-анион F^-, хотя и бескислородный, но никогда не разряжается в процессе электролиза водных растворов. Вместо фтора выделяется кислород из воды.

Пример 3. Электролиз водного раствора хлорида кальция.

Хлорид кальция в водном растворе полностью диссоциирует на ионы:

$$CaCl_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-$$

На катоде, в принципе, возможны следующие процессы восстановления (катодные процессы):

$$Ca^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Ca^{o}$$

$$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2^{o} + 2OH^-$$

С учетом *правила 1* можно констатировать, что на катоде будут восстанавливаться молекулы воды и выделяться водород (т.к. кальций в ряду напряжений расположен значительно левее марганца).

На аноде возможны следующие реакции окисления:

$$2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow 4H^+ + O_2^{O}\uparrow$$

$$2Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2^{O}$$

С учетом *правила 2* можно утверждать, что анодному окислению в данном случае будут подвергаться бескислородные хлорид-ионы.

Суммарное уравнение электролиза (в ионном и молекулярном виде) выглядит так:

$$CaCl_2 + 2H_2O \rightarrow Cl_2\uparrow + Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$$

$$2Cl^- + 2H_2O \rightarrow Cl_2\uparrow + 2OH^- + H_2\uparrow$$

Итак, знание этих двух правил поможет получить правильный ответ на все основные вопросы темы «Электролиз расплавов и растворов солей».

Перейдем теперь к самим заданиям. В разные годы усвоение материала этой темы проверялось в экзаменационной работе заданиями базового уровня сложности (часть 1 работы), повышенного (часть 2 работы) и высокого уровней сложности (часть 3 работы).

Учитывая сложность материала темы, рассмотрим способы выполнения всех типов заданий, которые ориентированы на проверку его усвоения.

В заданиях базового уровня (т.е. с выбором ответа) требовалось, как правило, назвать продукт, выделяемый на одном из электродов при электролизе какого-либо электролита.

Задание 45.

При электролизе водного раствора бромида калия на аноде выделяется:

1) бромоводород
2) водород
3) бром
4) кислород

Для выполнения задания достаточно вспомнить *правило 2*, в соответствии с которым в случае бескислородных анионов на аноде при электролизе разряжаются сами анионы:

$$2Br^- - 2\bar{e} \rightarrow Br_2^0$$

Следовательно, в данном случае на аноде выделяется бром.

Ответ: 3

Задание 46.

При электролизе водного раствора фторида натрия на аноде выделяется:

1) водород
2) фтороводород
3) фтор
4) кислород

Как известно, фтор из водного раствора никогда не выделяется (см. примечание к правилу 2). Следовательно, на аноде разряжаются молекулы воды и выделяется кислород из воды.

Ответ: 4

Задание 47.

При электролизе водного раствора бромида бария на катоде выделяется:

1) барий
2) водород
3) гидрид бария
4) кислород

Напомним, что на катоде, в зависимости от положения соответствующего металла в ряду напряжений, возможно выделение или самого металла, или водорода из воды. Барий в ряду напряжений расположен значительно левее марганца. Поэтому, в соответствии с *правилом 1*, на катоде будут разряжаться не ионы Ba^{2+}, а молекулы воды. Это приведет к выделению на катоде водорода.

Ответ: 2

Задание 48.

Серная кислота накапливается в электролизере при электролизе водного раствора

1) $CuSO_4$
2) Na_2SO_4
3) $Al_2(SO_4)_3$
4) $MgSO_4$

В трех последних случаях и на катоде, и на аноде разряжаются молекулы воды (это легко понять, *применив правила 1 и 2*). Следовательно, электролиз сводится к электролитическому разложению воды:

$$2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2H_2 + O_2$$

В случае сульфата меди общее уравнение электролиза выглядит так: $2CuSO_4 + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2Cu + O_2 + 2H_2SO_4$ или в ионном виде: $2Cu^{2+} + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2Cu + O_2 + 4H^+$ (на катоде разряжаются ионы меди, на аноде – молекулы воды с выделением кислорода).

Ответ: 1

Задания повышенного уровня сложности требуют установить соответствие, как правило, между формулами или названиями веществ и продуктами электролиза их расплавов или водных растворов. Приведем примеры таких заданий.

Задание 49.

Установите соответствие между формулой вещества и продуктом, выделяющимся на инертном аноде при электролизе его водного раствора.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТ НА АНОДЕ
А) $NaCl$	1) Cl_2
Б) $NaClO_4$	2) Cl_2, O_2
В) $NaOH$	3) O_2
Г) $NaBr$	4) H_2, Br_2
	5) O_2, Br_2
	6) Br_2

А	Б	В	Г

Используя правила подбора продуктов при электролизе растворов, можно утверждать, что в случае $NaCl$ на аноде выделится хлор, что отвечает ответу 1. В случае $NaClO_4$ на аноде выделится кислород из воды. Это связано с тем, что перхлорат-ион, будучи кислородсодержащим, не разряжается на аноде – вместо него разряжаются молекулы воды. Следовательно, этот случай сводится к электролизу воды, продуктом которого будет только кислород (ответ 3).

Аналогичный ответ мы получим и в случае электролиза водного раствора гидроксида натрия. Продуктом электролиза бромида натрия, как и в первом случае, является сам галоген (ответ 6).

Ответ: 1336

Задание 50.

Установите соответствие между формулой вещества и продуктом, выделяющимся при электролизе его водного раствора на инертном аноде.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТ НА АНОДЕ
А) $HgSO_4$	1) F_2
Б) KF	2) O_2
В) $HgCl_2$	3) Hg
Г) $RbOH$	4) H_2
	5) Cl_2
	6) H_2, O_2

А	Б	В	Г

Продуктом электролиза раствора сульфата ртути на аноде будет кислород (ответ 2). При электролизе раствора фторида калия на аноде образуется кислород из воды (ответ 2). При электролизе хлорида ртути на аноде выделяется хлор (ответ 5). В последнем случае при электролизе выделяется кислород (ответ 2).

Ответ: 2252

Задание 51.

Установите соответствие между названием металла и способом его электролитического получения.

МЕТАЛЛ	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ
А) натрий	1) электролиз водного раствора солей
Б) алюминий	2) электролиз водного раствора гидроксида
В) серебро	3) электролиз расплава поваренной соли
Г) медь	4) электролиз расплавленного оксида
	5) электролиз раствора оксида в расплавленном криолите
	6) электролиз расплавленного нитрата

А	Б	В	Г

Очевидно, что натрий не может быть получен при электролизе водного раствора. Промышленным способом получения натрия является электролиз расплава поваренной соли (ответ 3). Для получения алюминия используют только один способ – электролиз раствора оксида алюминия в расплавленном криолите (ответ 5). Серебро, находясь в ряду напряжений после водорода, может быть получено катодным восстановлением водных растворов солей, например $AgNO_3$ (ответ 1). Этот же ответ подходит и для способа получения меди.

Ответ: 3511

Примечание. Рассуждая формально, электролиз расплавленного нитрата можно было бы записать и как способ получения натрия, и как способ получения серебра, и как способ получения меди. Однако нитраты меди и серебра очень легко разлагаются при нагревании, а металлический натрий, который может получиться при этом, с расправленным нитратом (сильнейшим окислителем) неминуемо даст взрыв.

Заданиями высокого уровня сложности по теме «Электролиз» проверяется умение записывать отдельно уравнения реакций, протекающих на катоде и на аноде, а также составлять общее уравнение электролиза какого-либо электролита. Выполнение этих заданий также требует написания развернутого ответа. Его элементами являются: описание анодного процесса (оценивается в 1 балл); описание катодного процесса (оценивается в 1 балл); общее уравнение электролиза (оценивается в 1 балл). Таким образом, за полный и правильный ответ ставится 3 балла. Формулировка заданий имеет указание на необходимость отражения в ответе всех трех названных выше элементов.

Задание 52.

Напишите уравнения реакций, протекающих на катоде и аноде, и общее уравнение электролиза водного раствора сульфата ртути (II) на инертных электродах.

Сульфат ртути (II) в водном растворе диссоциирует на ионы: $HgSO_4 \rightarrow Hg^{2+} + SO_4^{2-}$.

На катоде (отрицательно заряженном электроде) будет происходить разрядка ионов ртути, так как ионы Hg^{2+} расположены правее водорода в ряду напряжений металлов: $Hg^{2+} + 2\bar{e} = Hg^{O}$.

На аноде (положительно заряженном электроде) ион SO_4^{2-} разряжаться не будет, а будет разряжаться вода:

$2H_2O - 4\bar{e} = O_2 + 4H^+$.

Таким образом, общее уравнение электролиза будет выглядеть так:

$2Hg^{2+} + 2SO_4^{2-} + 2H_2O = 2Hg^{O} + O_2 + 4H^+ + 2SO_4^{2-}$, или

$2HgSO_4 + 2H_2O = 2Hg + O_2 + 2H_2SO_4$.

Задание 53.

Напишите уравнения реакций, протекающих на катоде и аноде, и общее уравнение электролиза водного раствора гидроксида бария на инертных электродах.

Гидроксид бария диссоциирует в водном растворе на ионы:

$Ba(OH)_2 \rightarrow Ba^{2+} + 2OH^-$.

На катоде будет происходить разрядка воды, так как ион бария в ряду напряжений находится левее марганца и разряжаться не будет:

$2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^-$.

На аноде будут разряжаться гидроксид-ионы:

$4OH^- - 4\bar{e} = O_2 + 2H_2O$.

Таким образом, в результате электролиза будет происходить выделение водорода на катоде и кислорода – на аноде. Это соответствует процессу электролиза воды. Общее уравнение электролиза воды:

$2H_2O = 2H_2 + O_2$.

Задание 54.

Напишите уравнения реакций, протекающих на катоде и аноде, а также общее уравнение электролиза водного раствора сульфата меди (II) на инертных электродах.

Поскольку медь в ряду напряжений находится после водорода, то при электролизе раствора ее соли на катоде выделяется сама медь.

Сульфат-анион относится к кислородсодержащим ионам. Поэтому он не разряжается на аноде. На аноде будут окисляться молекулы воды с выделением кислорода.

Таким образом, на катоде выделяется медь, на аноде – кислород (из воды), а оставшиеся в растворе ионы SO_4^{2-} и H^+ дадут серную кислоту.

В общем виде ответ можно записать так:

1) На катоде: $Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cu^0$

2) На аноде: $2H_2O - 4\bar{e} \rightarrow 4H^+ + O_2$

3) Суммарное уравнение электролиза:

$2CuSO_4 + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2Cu + O_2 + 2H_2SO_4$

(допустима запись в ионном виде:

$2Cu^{2+} + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2Cu + O_2 + 4H^+$)

Задание 55.

Напишите уравнения реакций, протекающих на катоде и аноде, а также общее уравнение электролиза водного раствора иодида кальция на инертных электродах.

Вспомним, что кальций расположен в ряду напряжений металлов значительно левее марганца, следовательно, вместо кальция на катоде будет выделяться водород из воды. На аноде будут

разряжаться бескислородные иодид-ионы с образованием элементарного иода. Ионы кальция и образующиеся в прикатодном пространстве гидроксид-ионы дадут гидроксид кальция.

В общем виде ответ запишем так:

1) На катоде: $2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow 2OH^- + H_2$

2) На аноде: $2I^- - 2\bar{e} \rightarrow I_2$

3) Суммарное уравнение электролиза:

$$CaI_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} H_2 + I_2 + Ca(OH)_2$$

(допустима запись в ионном виде:

$$2I^- + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} H_2 + I_2 + 2OH^-)$$

Задание 56.

Напишите уравнения реакций, протекающих на катоде и аноде, а также общее уравнение электролиза водного раствора ацетата калия на инертных электродах.

Как и в предыдущем случае, вместо очень активного металла калия на катоде будет выделяться водород из воды. При составлении уравнения анодной реакции примем во внимание, что ацетат-ион относится к исключению – он сам будет окисляться на аноде с образованием этана.

Общая запись ответа:

1) На катоде: $2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow 2OH^- + H_2$

2) На аноде: $2CH_3COO^- - 2\bar{e} \rightarrow C_2H_6 + 2CO_2$

3) Суммарное уравнение электролиза:

$$2CH_3COOK + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} C_2H_6 + 2CO_2 + H_2 + 2KOH$$

(вместо $2CO_2 + 2KOH$ допустима запись $2KHCO_3$)

Задание 57.

При электролизе водного раствора сульфата хрома (III) на катоде возможны три химические реакции. Напишите уравнения этих катодных процессов.

Напомним, что на катоде возможны только процессы восстановления. Учтем, что для хрома кроме степени окисления +3 есть производные в степени окисления +2. Следовательно, на катоде возможно последовательное восстановление ионов хрома:

$$Cr^{3+} \xrightarrow{+\bar{e}} Cr^{2+} \xrightarrow{+2\bar{e}} Cr^{0}$$

Кроме того, возможно восстановление и ионов водорода H^+ (их концентрация в растворе довольно велика вследствие сильного гидролиза солей хрома).

Запишем в ответе уравнения катодных процессов:

1) $Cr^{3+} + \bar{e} \rightarrow Cr^{2+}$

2) $Cr^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cr^{0}$ (или $Cr^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow Cr^{0}$)

3) $2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow H_2$

Реакции, подтверждающие взаимосвязь различных классов неорганических и органических соединений

Выполнение заданий, проверяющих усвоение этого материала, требует комплексного применения знаний химических свойств веществ различных классов, понимания генетической связи между веществами, особенностей их взаимодействия друг с другом. Поэтому в экзаменационной работе для ЕГЭ данные задания отнесены к заданиям высокого уровня сложности.

Особо обратим внимание на формулировку условия заданий. В некоторых из них дано название (или формула) только исходного вещества, а на других стадиях цепочки превращений вместо формул проставлены знаки «Х». Над стрелками в таком случае обычно указываются условия проведения реакций.

Сложность будет заключаться в том, что, не зная, как протекает каждый предыдущий этап превращения, кажется, что осуществить последующие превращения практически невозможно. Но это на первый взгляд. В некоторых случаях предположение о составе продукта первой реакции можно сделать на основе состава вещества, добавляемого к этому продукту на следующей стадии. А подтвердить свое предположение можно, если попробовать осуществить оставшиеся превращения с использованием реагентов, указанных над стрелками.

В других случаях могут быть последовательно записаны формулы (названия) веществ для всех звеньев «цепочки превращений». А вот какое вещество необходимо добавить к исходному веществу, чтобы получился заданный продукт, предстоит определить самостоятельно. Для этого нужно, внимательно проанализировать состав, строение и свойства исходного вещества и продукта

реакции данной стадии. Определив характер изменений, происшедших с исходным веществом (реакция прошла без изменения степеней окисления элементов или имел место окислительно-восстановительный процесс), можно предположить состав реагента, который необходимо добавить к нему.

Таким образом, четкое обдумывание всей последовательности (алгоритма) действий при выполнении этих заданий – необходимое условие успешности их выполнения. Элементами ответа на задание будут написанные уравнения реакций. Каждое правильно написанное уравнение оценивается в 1 балл.

В экзаменационных работах разных лет задания, проверяющие усвоение элемента содержания «взаимосвязь различных классов неорганических соединений» имели различную формулировку. Обычно предлагались задания, выполнение которых предусматривало написание уравнений реакций в соответствии с предложенной схемой («цепочкой») превращений веществ. Начиная с 2006 года в работе стали использоваться задания, при выполнении которых требуется написать уравнения четырех возможных реакций между предложенными веществами. Это означает, что в условии таких заданий отсутствует жестко заданная схема действий и к их выполнению каждый может подойти творчески, проявив более высокий уровень познания свойств веществ различных классов.

Обратимся к примерам тех, и других заданий.

Задание 58.

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

$Cu \rightarrow Cu(NO_3)_2 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow X \rightarrow Cu \rightarrow CuSO_4$

Алгоритм выполнения задания может быть таким.

На первой стадии для получения из меди нитрата меди (II) – $Cu(NO_3)_2$ целесообразно использовать азотную кислоту (HNO_3). В учебниках химии это взаимодействие достаточно часто рассматривается с использованием концентрированной кислоты. При этом кроме нитрата меди (II) образуется NO_2 (оксид азота (IV)) и вода:

1) $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$

В качестве другого варианта можно предложить вытеснить медью еще менее активный металл (например, серебро) из раствора его соли, в данном случае нитрата серебра:

$Cu + 2AgNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2Ag$

Для осуществления превращения по схеме $Cu(NO_3)_2 \rightarrow$ $\rightarrow Cu(OH)_2$ к исходному веществу следует добавить щелочь (например, NaOH):

2) $Cu(NO_3)_2 + 2NaOH = Cu(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3$

На третьей стадии вещество, образующееся из гидроксида меди (II) ($Cu(OH)_2$), неизвестно «X». В тоже время мы видим, что на следующей стадии из вещества «X» образуется медь. Зная, что одним из способов получения меди является восстановление оксида меди (II) CuO, который в свою очередь может быть получен разложением гидроксида меди (II), мы определяем неизвестный компонент:

3) $Cu(OH)_2 = CuO + H_2O$

4) $CuO + H_2 = Cu + H_2O$

У этого превращения может быть и другой вариант выполнения. Медь можно вытеснить более активным металлом из раствора соли, например, сульфата меди (II) ($CuSO_4$). В качестве более активного металла можно взять цинк. В свою очередь, получить сульфат меди (II) из гидроксида меди (II) можно с помощью раствора серной кислоты (H_2SO_4):

3) $Cu(OH)_2 + H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O$

4) $CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu$

На завершающем этапе для образования сульфата меди (II) можно к меди добавить концентрированную серную кислоту. В качестве второго и третьего продуктов реакции образуется оксид серы (IV) и вода. С разбавленной H_2SO_4 реакция не пойдет, т.к. медь к ряду активности металлов стоит левее водорода:

5) $Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$

Задание 59.

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

$$P \rightarrow PCl_5 \rightarrow PCl_3 \rightarrow H_3PO_3 \xrightarrow{KMnO_4,\ H_2SO_4} H_3PO_4 \rightarrow NaH_2PO_4$$

Возможный алгоритм выполнения задания может быть таким.

На первом этапе превращений на фосфор действуют избытком хлора. Зная, что хлор является сильным окислителем, а фосфор – сильным восстановителем, запишем уравнение реакции:

1) $2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$

На втором этапе из пентахлорида образуется трихлорид фосфора (PCl_3). Это означает, что фосфор восстанавливается: $P^{+5} \rightarrow P^{+3}$. Следовательно, вещество добавляемое к пентахлориду фосфора, должно проявлять свойства восстановителя. Таким веществом может быть и сам фосфор, при взаимодействии которого с пентахлоридом образуется трихлорид фосфора:

2) $3PCl_5 + 2P = 5PCl_3$

В этой реакции могут использоваться и другие восстановители, например, водород (H_2). При этом образуется трихлорид фосфора и хлороводород (HCl):

$PCl_5 + H_2 = PCl_3 + 2HCl$

На следующей (третьей) стадии к трихлориду фосфора добавляют воду, в результате происходит процесс гидролиза (как известно, протекающий без изменения степени окисления) и образуется фосфористая кислота (H_3PO_3) и хлороводород:

3) $PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$

Далее на фосфористую кислоту воздействуют раствором перманганата калия ($KMnO_4$) в кислой среде (четвертая стадия). Известный своими сильными окислительными свойствами перманганат калия окисляет фосфористую кислоту, степень окисления фосфора в которой +3. Известно, что атомы марганца (со степенью окисления +7) из перманганат-иона в кислой среде превращаются в ионы Mn^{2+}. Фосфит-ион в результате окисления превращается в фосфат-ион. Таким образом, уравнение реакции выглядит следующим образом:

4) $5H_3PO_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 5H_3PO_4 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O$

На заключительном этапе на фосфорную кислоту воздействуют натрием.

При написании уравнения этой реакции необходимо знать, что фосфат натрия в данной реакции образоваться не может. Почему? Здесь вам помогут знания о процессе гидролиза солей. Фосфат натрия – соль, образованная сильным основанием и слабой кислотой. Гидролиз соли идет по аниону (т.е. по иону PO_4^{3-}). Следовательно, среда в его растворе щелочная, чего не может быть в растворе фосфорной кислоты.

В результате этого процесса образуется кислая соль фосфорной кислоты, вероятнее всего дигидрофосфат натрия. Вторым продуктом реакции, как и при взаимодействии всех растворов ки-

слот с металлами, является водород. Записываем уравнение реакции:

5) $H_3PO_4 + Na = NaHPO_4 + H_2$

Приведем примеры «цепочек» превращений органических веществ.

Задание 60.

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

$C_6H_6 \rightarrow C_6H_5CH_3 \rightarrow C_6H_5COOH \rightarrow C_6H_5COOCH_3 \rightarrow CH_3OH \rightarrow (CH_3)_2O$.

Укажите условия их протекания.

При анализе предложенной схемы превращений, прежде всего, следует обратить внимание на формулы веществ и определить, к каким классам органических соединений они относятся. Из схемы следует, что из бензола (ароматического углеводорода) необходимо получить метилбензол (толуол), а далее превратить его в бензойную кислоту. Известно, что продуктом взаимодействия карбоновых кислот и спиртов являются сложные эфиры, к которым относится метиловый эфир бензойной кислоты $C_6H_5COOCH_3$. В результате реакции гидролиза сложных эфиров образуются кислоты и спирты, при дальнейшем превращении которых, например, в реакции дегидратации, может быть получен простой эфир, которым и является конечное вещество в схеме превращений – диметиловый эфир $(CH_3)_2O$.

Перейдем к следующему этапу выполнения задания.

Итак, первое превращение – это получение гомолога бензола – толуола. Он образуется при взаимодействии бензола с алкилгалогенидами (в данном случае хлорметаном CH_3Cl) в присутствии хлорида алюминия.

1) $C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5CH_3 + HCl$.

Гомологи бензола по химическим свойствам отличаются от бензола. Это отличие можно объяснить взаимным влиянием алкильного радикала (в данном случае – CH_3) и бензольного кольца. При действии на гомологи бензола перманганатом калия $KMnO_4$, или других сильных окислителей, происходит окисление боковой цепи, она разрушается, а атомы углерода окисляются в карбок-

сильную группу. Таким образом, для получения бензойной кислоты необходимо провести реакцию, уравнение которой:

$$2)\ 5C_6H_5CH_3 + 6KMnO_4 + 9H_2SO_4 \xrightarrow{t^\circ}$$
$$\longrightarrow 5C_6H_5COOH + 6MnSO_4 + 3K_2SO_4 + 14H_2O$$

Далее составление уравнений реакций по схеме не вызывает особых затруднений. Реакция этерификации наиболее часто упоминается как при изучении спиртов, так и при изучении сложных эфиров. Известно, что в результате медленного протекания реакции ее обычно проводят в присутствии сильных неорганических кислот (чаще всего серной), ускоряющих реакцию (ионы H^+ действуют как катализатор):

$$3)\ C_6H_5COOH + CH_3OH \xrightleftharpoons{t^\circ,\ H_2SO_4} C_6H_5COOCH_3 + H_2O$$

Следует обратить внимание на превращение эфира в спирт. Для этого необходимо подвергнуть эфир гидролизу. Обычно эту реакцию проводят в присутствии щелочи, что позволяет «связать» образовавшуюся кислоту и превратить ее в соль. Соль, как известно, не реагирует со спиртом. Отсюда следующее уравнение реакции:

$$4)\ C_6H_5COOCH_3 + NaOH \xrightarrow{t^\circ} CH_3COONa + CH_3OH$$

И, наконец, чтобы получить диметиловый эфир из метанола, необходимо спирт подвергнуть умеренному нагреванию с концентрированной серной кислотой. При этом происходит отщепление молекулы воды от двух молекул спирта с образованием простого эфира:

$$5)\ 2CH_3OH \xrightarrow{t^\circ,\ H_2SO_4} CH_3 - O - CH_3 + H_2O$$

Задание 61.

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

$$CH_3 - CH_2 - CHO \xrightarrow{Cu(OH)_2,\ t^\circ} X_1 \xrightarrow{Cl_2,\ h\nu} X_2 \xrightarrow[C_2H_5OH]{NaOH}$$
$$\longrightarrow X_3 \xrightarrow{CH_3OH,\ H^+} X_4 \xrightarrow{\text{полимеризация}} X_5$$

В предложенной схеме превращений указаны вещества, с которыми неизвестное соединение, обозначенное буквой «X», должно взаимодействовать.

Рассуждения построим следующим образом.

Исходным веществом является пропональ. При взаимодействии с гидроксидом меди (II) при нагревании происходит окислительно-восстановительная реакция и превращение альдегида в кислоту:

$$1)\ CH_3-CH_2-\overset{\overset{\large O}{//}}{C}H + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^o} CH_3-CH_2-COOH + Cu_2O + 2H_2O$$

Следовательно, веществом «X_1» является пропионовая кислота C_2H_5COOH.

При действии галогенов на карбоновые кислоты образуются их галогенпроизводные:

$$2)\ CH_3-CH_2-COOH + Cl_2 \xrightarrow{hv} CH_3-CHCl-COOH + HCl$$

Это свойство карбоновых кислот обусловлено наличием в их составе углеводородного радикала. В результате реакции образуются галогензамещенные кислоты, причем на галоген замещается атом водорода при соседнем с карбоксильной группой атоме углерода. Кислота CH_3–$CHCl$–$COOH$ – вещество «X_2».

При последующем действии на него спиртового раствора щелочи происходит отщепление хлороводорода:

$$3)\ CH_3-CHCl-COOH + NaOH \xrightarrow{C_2H_5OH} \rightarrow CH_2=CH-COOH + NaCl + H_2O$$

Образовалась непредельная карбоновая кислота CH_2=CH–$COOH$, эта кислота называется акриловой (вещество «X_3»).

Чтобы получить сложный эфир, надо провести реакцию между акриловой кислотой и спиртом:

$$4)\ CH_2=CH-COOH + CH_3OH \underset{}{\overset{H_2SO_4}{\rightleftarrows}} CH_2=CH-COO-CH_3 + H_2O$$

Образуется метиловый эфир акриловой кислоты (вещество «X_4»).

При полимеризации этого эфира в соответствии с уравнением:

$$nCH_2=CH-COO-CH_3 \rightarrow \left[\begin{array}{l} -CH_2-CH- \\ \quad\ \ | \\ \quad\ \ O=C-O-CH_3 \end{array} \right]_n$$

образуется высокомолекулярное соединение – это вещество «X_5».

Перейдем далее к примерам заданий, в которых отсутствует заданная «цепочка» превращений веществ. Здесь в условии указаны только исходные вещества, а при выполнении задания требуется написать уравнения четырех возможных реакций между ними. Таким образом, задание приобретает характер «мысленного эксперимента». Его выполнение, как и выполнение реального эксперимента (опыта), делает необходимым использование знаний характерных химических свойств исходных веществ, условий протекания реакций между ними и четкого обдумывания последовательности осуществления этих реакций.

Эти задания также имеют высокий уровень сложности и предполагают написание развернутого ответа. Его элементами являются уравнения четырех возможных реакций между предложенными веществами. Каждое из правильно написанных уравнений оценивается в 1 балл.

Дополнительно написанные уравнения (5-е, 6-е и т.д.), соответствующие другим возможным вариантам взаимодействия между исходными веществами, на оценку выполнения задания не влияют. Однако при наличии ошибок в их записи эксперт имеет право оценку за задание снизить.

Поэтому еще раз отметим, что успешность выполнения задания будет во многом зависеть от четкого обдумывания последовательности осуществления «мысленного эксперимента» с предложенными веществами.

Заметим, что подобные задания не так уж новы в системе оценивания знаний. Они довольно часто используются при обучении химии, особенно при обобщении сведений о важнейших классах как неорганических соединений (оксидов, оснований, кислот и солей), так и органических (углеводородов, кислород– и азотсодержащих соединений). Приведем примеры таких типичных школьных заданий.

Пример 1. *С какими из оксидов: Na_2O, CO_2, CuO, SO_3, FeO, MnO, MnO_2 – будет реагировать HCl в водном растворе? Напишите уравнения возможных реакций.*

Пример 2. *Даны вещества: оксид кальция, гидроксид бария, азотная кислота, оксид серы (IV), оксид цинка, гидроксид натрия,*

сероводород. Какие из этих веществ будут взаимодействовать между собой? Напишите уравнения возможных реакций.

Выполнение этих заданий предполагает использование знаний о характерных (общих и специфических) химических свойствах указанных веществ, условиях протекания реакций между ними, умения составлять формулы продуктов и уравнения химических реакций. При этом следует рассматривать ***все типы возможных реакций*** между заданными веществами – как кислотно-основные, так и окислительно-восстановительные.

Проанализируем ***пример 1.*** Хлороводород HCl проявляет кислотные свойства и, как кислота, должен реагировать с оснóвными и амфотерными оксидами. Поскольку хлорид-ион может проявлять восстановительные свойства, то возможна также реакция с сильным окислителем. Среди предложенных веществ имеются:

- Na_2O – оснóвный оксид, который должен взаимодействовать с кислотами, в том числе с соляной. Следовательно, возможно кислотно-оснóвное взаимодействие, в то время как окислительно-восстановительная реакция невозможна (т.к. степень окисления +1 для натрия стабильна).
- CO_2 – кислотный оксид, который не может взаимодействовать с кислотами. Окислительно-восстановительная реакция также невозможна (т.к. углерод в степени окисления +4 устойчив и практически не проявляет окислительных свойств).
- CuO – оксид слабо-амфотерный, с преобладанием оснóвных свойств, который должен растворяться в соляной кислоте.
- SO_3 – кислотный оксид, для которого реакция с хлороводородом нехарактерна[1].
- FeO – оксид с преобладанием оснóвных свойств, который должен реагировать с соляной кислотой.
- MnO – оксид с преобладанием оснóвных свойств, который должен реагировать с соляной кислотой.
- MnO_2 – амфотерный оксид, который из-за устойчивости его кристаллической решетки практически не взаимодействует с разбавленными водными растворами щелочей и кислот, однако в

---

[1] Строго говоря, реакция между SO_3 и газообразным HCl возможна, при этом образуется хлорсульфоновая кислота HSO_3Cl. Однако в водном растворе эта реакция не протекает, да и хлорсульфоновая кислота полностью разлагается водой.

особых условиях (например, при сплавлении с оснóвными оксидами) реакции возможны. В то же время, для Mn^{4+} характерны сильные окислительные свойства, достаточные для того, чтобы окислить хлорид-ион до свободного хлора.

Подводя итог, запишем уравнения возможных реакций:

$Na_2O + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2O$

$CuO + 2HCl \rightarrow CuCl_2 + H_2O$

$FeO + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2O$

$MnO + 2HCl \rightarrow MnCl_2 + H_2O$

$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$

Проанализируем ***пример 2.*** Мы советуем при решении подобных заданий составить таблицу, которая поможет найти правильный ответ. В таблице знаком «+» отметим, между какими веществами возможно взаимодействие. В данном случае этот элемент ответа будет выглядеть так:

	CaO	$Ba(OH)_2$	HNO_3	SO_2	ZnO	$NaOH$	H_2S
CaO		–	+	+	+	-	+
$Ba(OH)_2$			+	+	+	-	+
HNO_3				+	+	+	+
SO_2					+	+	+
ZnO						+	–
$NaOH$							+
H_2S							

(нижняя часть таблицы не заполнена, т.к. является зеркальным отражением верхней части).

Оксид кальция, являясь оснóвным оксидом, реагирует с кислотами (HNO_3, H_2S), кислотными оксидами (SO_2), амфотерными оксидами (ZnO) и не реагирует со щелочами ($Ba(OH)_2$, $NaOH$).

Гидроксид бария, являясь сильным основанием (щелочью), реагирует с кислотами (HNO_3, H_2S), кислотными оксидами (SO_2), амфотерными оксидами (ZnO) и не реагирует со щелочами ($NaOH$).

Азотная кислота реагирует со щелочами ($NaOH$) и амфотерными оксидами (ZnO), а как окислитель реагирует с восстановителями (H_2S, SO_2).

Оксид серы, будучи кислотным оксидом, реагирует со щелочами ($NaOH$) и амфотерными оксидами (ZnO). Также возможна

окислительно-восстановительная реакция между SO_2 (окислитель) и H_2S (восстановитель).

Амфотерный оксид цинка должен реагировать со щелочами (NaOH).

Гидроксид натрия реагирует с кислотами (H_2S).

Такой предварительный анализ просто необходим при выполнении всех аналогичных заданий. А теперь запишем уравнения 17 возможных реакций (именно столько плюсов в нашей таблице):

$CaO + 2HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O$

$CaO + SO_2 \rightarrow CaSO_3$

$CaO + ZnO \rightarrow CaZnO_2$

$CaO + H_2S \rightarrow CaS + H_2O$

$Ba(OH)_2 + 2HNO_3 \rightarrow Ba(NO_3)_2 + 2H_2O$

$Ba(OH)_2 + SO_2 \rightarrow BaSO_3 + H_2O$

$Ba(OH)_2 + ZnO \rightarrow BaZnO_2 + H_2O$

$Ba(OH)_2 + H_2S \rightarrow BaS + 2H_2O$

$2HNO_3 + SO_2 \rightarrow H_2SO_4 + 2NO_2$

$2HNO_3 + ZnO \rightarrow Zn(NO_3)_2 + H_2O$

$HNO_3 + NaOH \rightarrow NaNO_3 + H_2O$

$2HNO_3 + H_2S \rightarrow S + 2NO_2 + 2H_2O$

$SO_2 + ZnO \rightarrow ZnSO_3$

$SO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$

$SO_2 + 2H_2S \rightarrow 3S + 2H_2O$

$ZnO + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2O$

$2NaOH + H_2S \rightarrow Na_2S + 2H_2O$

В экзаменационной работе подобное задание будет иметь следующую формулировку:

Задание 62.

Даны вещества: магний, азот, аммиак, азотная кислота (разб.). Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

Количество веществ, указанное в задании, может быть различным – и три вещества, и пять веществ. Однако во всех случаях требуется написать именно четыре уравнения реакций между указанными в условии веществами. Как уже говорилось выше, дополнительно написанные уравнения реакций на оценку выполнения задания не влияют.

Проанализируем, какие вещества могут взаимодействовать друг с другом. Сначала выясним отношение магния к азоту, аммиаку и азотной кислоте. Затем – отношение азота к аммиаку и азотной кислоте. И наконец, отношение аммиака к азотной кислоте.

Магний – химически активный металл, который при нагревании может взаимодействовать со многими неметаллами, в частности – с азотом:

$$3Mg + N_2 \xrightarrow{t^\circ} Mg_3N_2$$

Магний может взаимодействовать и с кислотами, в том числе с азотной:

$$4Mg + 10HNO_{3\,(разбавл.)} \rightarrow 4Mg(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$

Т.к. азотная кислота разбавленная, а магний – довольно активный металл, то в качестве продукта реакции указан нитрат аммония. Возможно также образование и таких продуктов, как N_2 или N_2O. Указание на образование NO_2 будет ошибочным и такое уравнение не может быть засчитано в качестве правильного.

Менее известна реакция между магнием и аммиаком, протекающая при сильном нагревании:

$$3Mg + 2NH_3 \xrightarrow{t^\circ} Mg_3N_2 + 3H_2$$

Как видим, магний участвует в трех реакциях. Азот не реагирует ни с аммиаком, ни с азотной кислотой. А вот аммиак, как основание, может реагировать с азотной кислотой:

$$NH_3 + HNO_3 \rightarrow NH_4\,NO_3$$

Это и есть четыре уравнения реакций между указанными в условии веществами.

Таким образом, развернутый ответ к этому заданию будет включать следующие четыре элемента (четыре уравнения возможных реакций между указанными веществами):

1) $3Mg + N_2 \xrightarrow{t^\circ} Mg_3N_2$

2) $4Mg + 10HNO_{3\,(разбавл.)} \rightarrow 4Mg(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$

3) $3Mg + 2NH_3 \xrightarrow{t^\circ} Mg_3N_2 + 3H_2$

4) $NH_3 + HNO_3 \rightarrow NH_4\,NO_3$

Однако, в демонстрационном варианте работы ЕГЭ применительно к такому заданию (как и к другим заданиям высокого уровня сложности С1–С5), дана следующая запись: «*допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла*». Это

означает, что ответ может быть иным по содержанию, чем эталонный, и при этом быть правильным. Обратимся снова к нашему заданию. Предположим, что экзаменуемый не указал в ответе уравнение взаимодействия аммиака с раскаленным магнием. Но зато ему известно, что в зависимости от концентрации азотной кислоты продуктами ее взаимодействия с активными металлами могут быть NH_4NO_3, N_2 или N_2O. Поскольку в условии сказано только, что азотная кислота разбавленная, а насколько она разбавлена – не говорится, то он может записать сразу несколько уравнений реакций между магнием и HNO_3, например:

$$4Mg + 10HNO_{3\,(разбавл.)} \rightarrow 4Mg(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$

$$4Mg + 10HNO_{3\,(разбавл.)} \rightarrow 4Mg(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$$

Следовательно, его ответ будет выглядеть так:

1) $3Mg + N_2 \xrightarrow{t^\circ} Mg_3N_2$

2) $4Mg + 10HNO_{3\,(разбавл.)} \rightarrow 4Mg(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$

3) $4Mg + 10HNO_{3\,(разбавл.)} \rightarrow 4Mg(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$

4) $NH_3 + HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3$

И этот ответ эксперты признают также правильным, поскольку экзаменуемый, отвечая на поставленный в задании вопрос, записал четыре правильных уравнения между указанными в условии веществами.

Задание 63

Даны вещества: сульфит натрия, вода, гидроксид калия, перманганат калия, фосфорная кислота. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

Для анализа возможностей попарного взаимодействия указанных веществ составим таблицу, в которой знаком «+» укажем, что реакция возможна, а знаком «–», что невозможна.

	Na_2SO_3	H_2O	KOH	$KMnO_4$	H_3PO_4
Na_2SO_3		+	–	+	+
H_2O			+	+	+
KOH				+	+
$KMnO_4$					–
H_3PO_4					

(нижняя часть таблицы не заполнена, т.к. является зеркальным отражением верхней части).

Как видим, в нашей таблице 8 плюсов, т.е. возможны 8 уравнений реакций между указанными в условии веществами. Запишем их все:

1) Сульфит натрия в воде подвергается гидролизу:

$$Na_2SO_3 + H_2O \rightleftarrows NaHSO_3 + NaOH$$

или, в ионном виде:

$$SO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows HSO_3^- + OH^-$$

2) Сульфит натрия окисляется перманганатом калия в водном растворе:

$$3Na_2SO_3 + H_2O + 2KMnO_4 \rightarrow 3Na_2SO_4 + 2MnO_2 + 2KOH$$

3) Сульфит натрия реагирует с фосфорной кислотой:

$$Na_2SO_3 + H_3PO_4 \rightarrow NaH_2PO_4 + NaHSO_3$$

(В случае избытка фосфорной кислоты образуется кислая, но не средняя соль. Образование Na_3PO_4 будет считаться ошибкой. А вот образование H_2SO_3 вместо $NaHSO_3$ допустимо).

4) Вода способна реагировать со щелочами. Все знают, что твердые щелочи – хорошие осушающие средства. Это свойство щелочей обусловлено образованием кристаллогидратов:

$$KOH + 2H_2O \rightarrow KOH \cdot 2H_2O$$

Эту реакцию знают немногие. По сути, она аналогична образованию кристаллогидрата медного купороса $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, хорошо известного школьникам соединения.

5) С водой способен реагировать перманганат калия. Известно, что водный раствор «марганцовки» нельзя долго хранить: он легко разлагается с образованием коричневой пленки и коричневой взвеси на стенках и дне сосуда. Возможность протекания этой реакции связана с сильными окислительными свойствами перманганат-ионов, способных окислять кислород:

$$4KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow 4MnO_2 + 4KOH + 3O_2$$

6) В соответствии с протонной теорией кислот и оснований Бренстеда-Лоури вода способна проявлять основные свойства, в частности, по отношению к фосфорной кислоте:

$$H_2O + H_3PO_4 \rightleftarrows H_3O^+ + H_2PO_4^-$$

7) Гидроксид калия способен реагировать в водном растворе с перманганат-ионами, окисляясь последними с образованием кислорода (см. п. 5):

$4KMnO_4 + 4KOH \rightarrow 4K_2MnO_4 + 2H_2O + O_2$

8) Гидроксид калия реагирует с фосфорной кислотой (реакция нейтрализации):

$3KOH + H_3PO_4 \rightarrow K_3PO_4 + 3H_2O$

Таким образом, мы записали 8 уравнений возможных реакций между указанными в условии веществами. На самом деле, таких реакций еще больше (например, в последнем случае возможны три реакции с образованием K_3PO_4, K_2HPO_4, KH_2PO_4). Однако, не будем забывать, что требуется записать ***только четыре уравнения*** из приведенных выше.

Задание 64.

Даны вещества: сера, сероводород, азотная кислота (конц.), серная кислота (конц.). Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

Как и в предыдущем задании, проанализируем возможность протекания реакций при попарном взаимодействии указанных веществ.

1) Сера может взаимодействовать с азотной и серной кислотами, окисляясь ими.

2) Сероводород проявляет кислотные свойства и с кислотами взаимодействовать, казалось бы, не должен. Однако, в данном случае сероводород будет взаимодействовать как с азотной, так и с серной кислотами – ведь обе кислоты являются сильными окислителями, способными окислить S^{-2} до S^0.

Таким образом, возможны четыре реакции и эталонный ответ выглядит так:

1) $S + 6HNO_{3\,(конц.)} = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$

2) $S + 2H_2SO_{4\,(конц.)} = 3SO_2 + 2H_2O$

3) $H_2S + 2HNO_{3\,(конц.)} = S + 2NO_2 + 2H_2O$

4) $H_2S + H_2SO_{4\,(конц.)} = 4SO_2 + 4H_2O$

Еще раз обращаем внимание на фразу «*допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла*». В данном случае можно вспомнить основы протолитической теории Бренстеда-Лоури и записать альтернативное уравнение реакции между серной и азотной кислотами:

$$HNO_3 + H_2SO_4 \rightleftarrows H_2NO_3^+ + HSO_4^-$$

Здесь серная кислота – донор протона, а азотная кислота выступает в нехарактерной для нее роли – роли основания. Напомним, что эта протолитическая реакция лежит в основе действия нитрующей смеси в органической химии. Образующийся катион неустойчив и распадается с образованием воды и катиона нитронила NO_2^+, который и оказывает нитрующее действие. Этот ответ эксперты также должны признать как правильный.

Подводя итог сказанному, подчеркнем, что в первую очередь, необходимо проанализировать *все свойства* предложенных в задании веществ. Типичную ошибку совершают те, кто, вспомнив только один тип свойств, совершенно забывают об остальных свойствах заданного вещества или отдельного класса веществ. Так, зная, что H_2S или H_2SO_3 кислоты, забывают, что эти вещества – превосходные восстановители. Кроме того, сероводород образует нерастворимые осадки со многими катионами металлов. Или, вспомнив про окислительные свойства концентрированной серной кислоты, забывают о нерастворимости многих ее солей. Типичная ошибка сопутствует и аммиаку – экзаменуемые говорят о его хороших восстановительных свойствах (за счет азота в степени окисления –3), но забывают, что за счет водорода в степени окисления +1 аммиак может быть и окислителем. Итак, внимание и вдумчивый анализ всех свойств указанных веществ – залог успеха в выполнении таких заданий.

I.5. Расчетные задачи

В каждом из вариантов экзаменационной работы для единого государственного экзамена присутствуют расчетные задачи повышенного и высокого уровней сложности. Для решения расчетных задач необходимы знания основных законов химии, химических свойств веществ различных классов, сущности изученных типов химических реакций. Успешность решения задач зависит от умения анализировать химическую составляющую условия, правильного использования таких понятий, как «количество вещества», «моль», «молярная масса», «молярный объем», общепринятых обозначений основных величин (масса, количество вещества, объем), а также от умения выбирать наиболее рациональный способ

решения, строить алгоритм действий, формулировать обоснованный ответ.

Задачи повышенного уровня сложности, используемые в экзаменационной работе, предполагают:

– вычисление массы растворенного вещества, содержащегося в определенной массе раствора с известной массовой долей;

– расчеты объемных отношений газов при химических реакциях;

– расчеты массы вещества или объема газов по известному количеству одного из участвующих в реакции веществ.

Правильное решение названных типов задач оценивается в 1 балл.

Для решения расчетных задач на вычисление массы растворенного вещества, содержащегося в определенной массе раствора с известной массовой долей необходимо использовать следующие формулы:

(I) $\omega = \frac{m_{в-ва}}{m_{р-ра}} \cdot 100\ \%$,

где ω – массовая доля растворенного вещества, выраженная в процентах;

$m_{в-ва}$ – масса растворенного вещества (в граммах);

$m_{р-ра}$ – масса раствора (в граммах).

(II) $m_{р-ра} = m_{в-ва} + m_{р-ля}$,

где $m_{р-ля}$ – масса растворителя (в граммах).

Растворителем во всех предлагаемых в этом разделе задачах является вода.

Задание 65.

К 280 г 8 %-ного раствора ацетата натрия добавили 120 мл воды. Массовая доля ацетата натрия в растворе равна _____ %.

(Запишите число с точностью до десятых.)

Для того, чтобы лучше проанализировать условие задачи, целесообразно кратко записать его данные в той форме, которую традиционно используют в математике и физике. Обращаем внимание на то, что в условии задачи идет речь о двух растворах – исходном и полученном после добавления воды к исходному рас-

твору. Присвоим индекс 1 данным задачи по исходному раствору, а индекс 2 – по полученному раствору. Кратко запишем условие задачи.

Дано:

$m_{1\ р\text{-}ра} = 280$ г

$\omega_1 = 8\ \%$ или 0,08

$V_{доб.\ воды} = 120$ мл

Найти: ω_2

Алгоритм решения задачи.

1. Для нахождения ω_2 – массовой доли ацетата натрия в полученном растворе – используем формулу (I), присвоив имеющимся в ней обозначениям индексы 2.

$$\omega_2 = \frac{m_{2\ в-ва}}{m_{2\ р-ра}} \cdot 100\ \%$$

Отметим, что ни $m_{2\ в\text{-}ва}$, ни $m_{2\ р\text{-}ра}$ нам неизвестны (смотри «Дано»). Выразим эти величины через известные данные.

2. Масса растворенного вещества при получении раствора 2 из раствора 1 не изменилась, так как по условию задачи ацетат натрия к исходному раствору не добавляли. Следовательно, $m_{2\ в\text{-}ва} = m_{1\ в\text{-}ва}$

$m_{1\ в\text{-}ва}$ вычислим, используя данные $m_{1\ р\text{-}ра}$ и ω_1. Для этого преобразуем формулу (I):

$$m_{1\ в-ва} = \frac{\omega_1}{100\ \%} \cdot m_{1\ р-ра}$$

Подставляем числовые данные и получаем:

$$m_{1\ в-ва} = \frac{8\ \%}{100\ \%} \cdot 280 = 0,08 \cdot 280 = 22,4\ г$$

Отсюда:

$m_{2\ в\text{-}ва} = m_{1\ в\text{-}ва} = 22,4$ г.

3. Массу раствора 2 получили при добавлении 120 мл воды к массе раствора 1. Учитывая плотность воды, находим $m_{доб.\ волы}$ = = 120 мл · 1 г/мл = 120 г. Вычисляем массу раствора 2.

$m_{2\ р\text{-}ра} = 280$ г + 120 г = 400 г

4. Теперь мы имеем все необходимые данные для вычисления ω_2:

$$\omega_2 = \frac{m_{2\,в-ва}}{m_{2\,р-ра}} \cdot 100\,\%$$

$$\omega_2 = \frac{22,4\,г}{400\,г} \cdot 100\,\% = 5,6\,\%$$

Ответ: массовая доля ацетата натрия в растворе равна 5,6 %.

Запись решения задачи в традиционно используемой форме будет выглядеть следующим образом.

Дано:

$m_{1\,р-ра} = 280$ г

$\omega_1 = 8$ % или 0,08

$V_{доб.\,воды} = 120$ мл

Найти: ω_2

Решение:

$$\omega_2 = \frac{m_{2\,в-ва}}{m_{2\,р-ра}} \cdot 100\,\%$$

1) $m_{2\,в-ва} = m_{1\,в-ва}$

$$m_{1\,в-ва} = \frac{\omega_1}{100\,\%} \cdot m_{1\,р-ра}$$

$$m_{1\,в-ва} = \frac{8\,\%}{100\,\%} \cdot 280\,г = 22,4\,г$$

2) $m_{2\,р-ра} = m_{1\,р-ра} + m_{доб.\,воды}$

$m_{доб.\,воды} = V_{доб.\,воды} \cdot \rho = 120$ мл $\cdot$ 1 г/мл = 120 г

$m_{2\,р-ра} = 280$ г + 120 г = 400 г

3) $\omega_2 = \frac{22,4\,г}{400\,г} \cdot 100\,\% = 5,6\,\%$

Ответ: $\omega_2 = 5,6$ %.

Задание 66.

К 180,0 г 8 %-ного раствора хлорида натрия добавили 20 г NaCl. Массовая доля хлорида натрия в образовавшемся растворе равна _____ %. (Запишите число с точностью до десятых.)

В условии задачи идет речь о двух растворах. Присвоим индекс 1 данным задачи по исходному раствору. Присвоим индекс 2 характеристикам раствора, полученного из исходного после добавления к нему 20 г хлорида натрия. Кратко запишем условие задачи.

Дано:

$m_{1\ р\text{-}ра} = 180$ г

$\omega_1 = 8\ \%$

$m_{доб.\ в\text{-}ва} = 20$ г

Найти: ω_2

Алгоритм решения задачи.

1. Для нахождения ω_2 – массовой доли хлорида натрия в полученном растворе используем формулу (I), присвоив имеющимся в ней обозначениям индексы 2:

$$\omega_2 = \frac{m_{2\ в-ва}}{m_{2\ р-ра}} \cdot 100\ \%$$

Необходимо найти $m_{2\ в\text{-}ва}$ и $m_{2\ р\text{-}ра}$, выражая их через известные данные.

2. Масса растворенного вещества в растворе 2 получилась при добавлении 20 г хлорида натрия к массе вещества, находящегося в растворе 1.

$m_{2\ в\text{-}ва} = m_{1\ в\text{-}ва} + m_{доб.\ в\text{-}ва}$

Вычислим значение $m_{1\ в\text{-}ва}$, используя формулу (I) и данные задачи.

$$m_{1\ в-ва} = \frac{\omega_1}{100\ \%} \cdot m_{1\ р-ра}$$

3. Подставляем числовые данные:

$$m_{1\ в-ва} = \frac{8\ \%}{100\ \%} \cdot 180\ г = 0,08 \cdot 180 = 14,4\ г$$

Отсюда:

$m_{2\ в\text{-}ва} = 14,4$ г + 20 г = 34,4 г

4. Масса раствора 2 получилась при добавлении 20 г хлорида натрия к массе раствора 1.

$m_{2\ р\text{-}ва} = m_{1\ в\text{-}ва} + m_{доб.\ в\text{-}ва}$

Подставляем числовые значения:

$m_{2\ р\text{-}ва} = 180$ г + 20 г = 200 г

Теперь мы имеем все необходимые данные для вычисления ω_2:

$$\omega_2 = \frac{34,4\ г}{200\ г} \cdot 100\ \% = 17,2\ \%$$

Ответ: массовая доля хлорида натрия в образовавшемся растворе равна 17,2 %.

Запись решения задачи в традиционно используемой форме будет выглядеть следующим образом:

Дано:

$m_{1\ р\text{-}ра} = 180$ г

$\omega_1 = 8$ %

$V_{доб.\ в\text{-}ва} = 20$ г

Найти: ω_2

Решение:

$$\omega_2 = \frac{m_{2\ в-ва}}{m_{2\ р-ра}} \cdot 100\ \%$$

1) $m_{2\ в\text{-}ва} = m_{1\ в\text{-}ва} + m_{доб.\ в\text{-}ва}$

$$m_{1\ в-ва} = \frac{\omega_1}{100\ \%} \cdot m_{1\ р-ра}$$

$$m_{1\ в-ва} = \frac{8\ \%}{100\ \%} \cdot 180\ г = 14,4\ г$$

$m_{2\ в\text{-}ва} = 14,4$ г + 20 г = 34,4 г

2) $m_{2\ р\text{-}ра} = m_{1\ р\text{-}ра} + m_{доб.\ в\text{-}ва}$

$m_{2\ р\text{-}ра} = 180$ г + 20 г = 200 г

3) $\omega_2 = \frac{34,4\ г}{200\ г} \cdot 100\ \% = 17,2\ \%$

Ответ: $\omega_2 = 17,2$ %.

Задание 67.

Какая масса азотной кислоты содержится в 1 л ее 20 %-ного раствора с плотностью 1,05 г/мл?

(Запишите число с точностью до целых.)

Алгоритм решения задачи

1. Кратко запишем условие задачи

Дано:

$V_{р\text{-}ра} = 1$ л = 1000 мл

$\omega = 20$ %

$\rho = 1,05$ г/мл

Найти: $m_{в\text{-}ва}$

2. Массу азотной кислоты будем вычислять, преобразуя формулу (I):

$$m_{в-ва} = \frac{\omega}{100\,\%} \cdot m_{р-ра}$$

3. Найдем массу раствора, используя данные об объеме раствора и его плотности:

$m_{р-ра} = V \cdot \rho$, подставляя числовые значения получим

$m_{р-ра} = 1000$ мл $\cdot$ 1,05 г/мл = 1050 г.

4. Подставляем полученное значение в формулу для вычисления массы азотной кислоты:

$$m_{в-ва} = \frac{20\,\%}{100\,\%} \cdot 1050\text{ г} = 210\text{ г}$$

Ответ: масса азотной кислоты равна 210 г.

Запись решения задачи в традиционно используемой форме выглядит так:

Дано:

$V_{р-ра} = 1$ л = 1000 мл

$\omega = 20\,\%$

$\rho = 1{,}05$ г/мл

Найти: $m_{в-ва}$

Решение:

$$m_{в-ва} = \frac{\omega}{100\,\%} \cdot m_{р-ра}$$

1) $m_{р-ра} = V \cdot \rho$

$m_{р-ра} = 1000$ мл $\cdot$ 1,05 г/мл = 1050 г

2) $m_{в-ва} = \frac{20\,\%}{100\,\%} \cdot 1050\text{ г} = 210\text{ г}$

Ответ: $m_{в-ва} = 210$ г.

Задание 68.

Какая масса карбоната натрия потребуется для приготовления 0,5 л 13 %-ного раствора плотностью 1,13 г/мл?

(Запишите число с точностью до десятых.)

Алгоритм решения задачи

1. Кратко запишем условие задачи:

Дано:

$V_{р\text{-}ра} = 0{,}5$ л = 500 мл

$\omega = 13\ \%$

$\rho = 1{,}13$ г/мл

Найти: $m_{в\text{-}ва}$

2. Массу карбоната натрия будем вычислять, преобразуя формулу (I):

$$m_{в-ва} = \frac{\omega}{100\ \%} \cdot m_{р-ра}$$

Массу раствора найдем, используя данные об объеме раствора и его плотности:

$m_{р\text{-}ра} = V \cdot \rho$, подставим числовые значения и получим

$m_{р\text{-}ра} = 500$ мл $\cdot$ 1,13 г/мл = 565 г

3. Подставляя полученное значение в формулу для нахождения массы карбоната натрия, вычислим:

$$m_{в-ва} = \frac{13\ \%}{100\ \%} \cdot 565\ г = 73{,}45\ г$$

Запишем полученное число с точностью до десятых:

$m_{в\text{-}ва} = 73{,}5$ г

Ответ: масса карбоната натрия равна 73,5 г

Краткая запись решения задачи будет выглядеть следующим образом:

Дано:

$V_{р\text{-}ра} = 0{,}5$ л = 500 мл

$\omega = 13\ \%$

$\rho = 1{,}13$ г/мл

Найти: $m_{в\text{-}ва}$

Решение:

$$m_{в-ва} = \frac{\omega}{100\ \%} \cdot m_{р-ра}$$

1) $m_{р\text{-}ра} = V \cdot \rho$

$m_{р\text{-}ра} = 500$ мл $\cdot$ 1,13 г/мл = 565 г

2) $m_{в-ва} = \frac{13\ \%}{100\ \%} \cdot 565\ г = 73,45\ г$, с точностью до десятых – 73, 5 г

Ответ: $m_{в-ва} = 73,5$ г.

Задание 69

Какую массу оксида кальция необходимо взять для приготовления 495 г раствора гидроксида кальция с массовой долей 1,5 %?

_____ г. (Запишите число с точностью до десятых.)

Алгоритм решения задачи

При решении этой задачи необходимо учесть химический процесс образования гидроксида кальция из оксида кальция. Но вначале рассчитаем, какая масса гидроксида кальция содержится в указанном растворе.

1. Кратко запишем условие задачи.

Дано:

$m_{р-ра} = 495$ г

$\omega = 1,5\ \%$

Найти: $m_{в-ва}$

2. Массу гидроксида кальция вычислим, преобразуя формулу (I):

$$m_{в-ва} = \frac{\omega}{100\ \%} \cdot m_{р-ра}$$

Подставляя численные значения, получим:

$$m_{в-ва} = \frac{1,5\ \%}{100\ \%} \cdot 495\ г = 7,425\ г$$

Учитывая требования условия задачи, округлим это значение до десятых: $m_{в-ва} = 7,4$ г.

3. Рассчитаем массу оксида кальция, которая необходима для получения этой массы гидроксида кальция. Для этого запишем уравнение реакции оксида кальция с водой:

$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$

1 моль 1 моль

В соответствии с уравнением 1 моль гидроксида кальция образуется из 1 моль оксида кальция.

Необходимая масса гидросксида кальция соответствует количеству вещества:

$$\nu(Ca(OH)_2) = \frac{m}{M} = \frac{7{,}4\ г}{74\ г/моль} = 0{,}1\ моль.$$

Следовательно, оксида кальция необходимо взять также в количестве 0,1 моль.

4. Вычислим массу этого количества оксида кальция:

$m(CaO) = \nu \cdot M = 0{,}1$ моль $\cdot$ 56 г/моль = 5,6 г

Ответ: масса оксида кальция равна 5,6 г.

Краткая запись решения задачи будет выглядеть так:

Дано:

$m_{р\text{-}ра} = 495$ г

$\omega = 1{,}5$ %

Найти: $m_{в\text{-}ва}$

Решение:

$$m_{в-ва} = \frac{\omega}{100\ \%} \cdot m_{р-ра}$$

$$m_{в-ва} = \frac{1{,}5\ \%}{100\ \%} \cdot 495\ г = 7{,}425\ г \approx 7{,}4\ г$$

$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$

1 моль 1 моль

$$\nu(CaO) = \nu(Ca(OH)_2) = \frac{7{,}4\ г}{74\ г/моль} = 0{,}1\ моль.$$

$m(CaO) = \nu \cdot M = 0{,}1$ моль $\cdot$ 56 г/моль = 5,6 г

Ответ: m(CaO) = 5,6 г

Задание 70.

К 200 г 10 %-ного раствора KCl добавили 50 г воды. Чему равна массовая доля KCl в полученном растворе?

(Запишите число с точностью до целых.)

Алгоритм решения задачи

В условии задачи идет речь о двух растворах. Присвоим индекс 1 данным задачи по исходному раствору. Присвоим индекс 2 характеристикам раствора, полученного из исходного после добавления 50 г воды.

1. Кратко запишем условие задачи.

Дано:

$m_{1\ р\text{-}ра} = 200$ г

$\omega_1 = 10\ \%$ или 0,1

$m_{доб.\ воды} = 50$ г

Найти: ω_2

2. Для нахождения массовой доли хлорида калия в полученном растворе ω_2 используем формулу (I):

$$\omega_2 = \frac{m_{2\ в-ва}}{m_{2\ р-ра}} \cdot 100\ \%$$

Необходимо найти $m_{2\ в\text{-}ва}$ и $m_{2\ р\text{-}ра}$, выражая их через известные данные.

При добавлении воды к исходному раствору масса растворенного вещества не изменилась. Следовательно, $m_{1\ в\text{-}ва} = m_{2\ в\text{-}ва}$.

3. Вычислим $m_{2\ в\text{-}ва}$, для этого преобразуем формулу (I):

$$m_{1\ в-ва} = \frac{\omega_1}{100\ \%} \cdot m_{1\ р-ра} = 0{,}1 \cdot 200\ г = 20\ г;$$

$m_{1\ в\text{-}ва} = m_{2\ в\text{-}ва} = 20$ г.

4. Масса раствора 2 получилась при добавлении 50 г воды к массе раствора 1: $m_{2\ р\text{-}ра} = m_{1\ р\text{-}ра} + m_{доб.\ воды}$; $m_{2\ р\text{-}ра} = 200\ г + 50\ г = 250\ г$.

Теперь мы можем вычислить ω_2:

$$\omega_2 = \frac{20\ г}{250\ г} \cdot 100\ \% = 8\ \%$$

Ответ: массовая доля хлорида калия равна 8 %.

Краткая запись решения задачи будет выглядеть следующим образом:

$m_{1\ р\text{-}ра} = 200$ г

$\omega_1 = 10\ \%$ или 0,1

$m_{доб.\ воды} = 50$ г

Найти: ω_2

Решение:

$$\omega_2 = \frac{m_{2\ в-ва}}{m_{2\ р-ра}} \cdot 100\ \%$$

1) $m_{2\ в\text{-}ва} = m_{1\ в\text{-}ва}$; $m_{1\ в-ва} = \frac{\omega_1}{100\ \%} \cdot m_{1\ р-ра}$, $m_{1\ в\text{-}ва} = 0{,}1 \cdot 200$ г = = 20 г; $m_{2\ в\text{-}ва} = 20$ г.

2) $m_{2\ р\text{-}ра} = m_{1\ р\text{-}ра} + m_{доб.\ воды} = 200$ г + 50 г = 250 г.

3) $\omega_2 = \frac{20\ г}{250\ г} \cdot 100\ \% = 8\ \%$

Ответ: $\omega_2 = 8\ \%$.

Задание 71.

Масса соли, которая вводится в организм при вливании 353 г физиологического раствора, содержащего 0,85 % по массе поваренной соли, равна _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

Алгоритм решения задачи

1. Кратко запишем условие задачи.

Дано:

$m_{р\text{-}ра} = 353$ г

$\omega = 0{,}85\ \%$

Найти: $m_{в\text{-}ва}$

2. Массу поваренной соли, содержащейся в этом растворе, вычислим, преобразуя формулу (I):

$$m_{в-ва} = \frac{\omega}{100\ \%} \cdot m_{р-ра}$$

3. Подставляем числовые значения и вычисляем:

$$m_{в-ва} = \frac{0{,}85\ \%}{100\ \%} \cdot 353\ г = 3{,}0005\ г$$

Округлим полученное значение до целого: $m_{в\text{-}ва} = 3$ г.

Краткая запись решения задачи будет выглядеть следующим образом:

Дано:

$m_{р\text{-}ра} = 353$ г

$\omega = 0{,}85\ \%$

Найти: $m_{в\text{-}ва}$

Решение:

$$m_{в-ва} = \frac{\omega}{100\ \%} \cdot m_{р-ра}$$

$$m_{в-ва} = \frac{0,85\ \%}{100\ \%} \cdot 353\ г = 3,0005\ г,$$ с точностью до целых – 3 г.

Ответ: $m_{в-ва} = 3$ г.

Задание 72.

Смешали 120 г раствора серной кислоты с массовой долей 20 % и 40 г 50 %-ного раствора того же вещества. Массовая доля кислоты в полученном растворе равна _____%. (Запишите число с точностью до целых.)

Алгоритм решения задачи

В этой задаче идет речь уже о трех растворах. Присвоим индексы 1 и 2, соответственно, данным по двум исходным растворам серной кислоты, а индекс 3 – характеристикам раствора, полученного при сливании двух исходных.

1. Кратко запишем условие задачи.

Дано:

$m_{1\ р-ра} = 120$ г

$\omega_1 = 20$ % или 0,2

$m_{2\ р-ра} = 40$ г

$\omega_2 = 50$ % или 0,5

Найти: ω_3

2. Вычислим массовую долю серной кислоты в полученном растворе по формуле (I), присвоив имеющимся в ней обозначениям индексы 3:

$$\omega_3 = \frac{m_{3\ в-ва}}{m_{3\ р-ра}} \cdot 100\ \%$$

Масса серной кислоты в полученном растворе $m_{3\ в-ва}$ будет вычисляться как сумма масс этого же вещества в первом и во втором растворах:

$m_{3\ в-ва} = m_{1\ в-ва} + m_{2\ в-ва}$

3. Найдем $m_{1\ в-ва}$ и $m_{2\ в-ва}$ по преобразованной формуле (I):

$$m_{1\ в-ва} = \frac{\omega_1}{100\ \%} \cdot m_{1\ р-ра} = 0,2 \cdot 120\ г = 24\ г,$$

$$m_{2\ в-ва} = \frac{\omega_2}{100\ \%} \cdot m_{2\ р-ра} = 0,5 \cdot 40\ г = 20\ г$$

Вычислим $m_{3\ в-ва} = 24$ г + 20 г = 44 г.

4. Масса полученного раствора $m_{3\ в\text{-}ва}$ будет вычисляться как сумма масс исходных растворов:

$m_{3\ р\text{-}ра} = m_{1\ р\text{-}ра} + m_{2\ р\text{-}ра}$,

$m_{3\ р\text{-}ра} = 120\ г + 40\ г = 160\ г.$

Вычислим: $\omega_3 = \frac{44\ г}{160\ г} \cdot 100\ \% = 27,5\ \%$

Ответ: массовая доля кислоты в полученном растворе равна 27,5 %.

Краткая запись решения задачи будет выглядеть следующим образом:

Дано:

$m_{1\ р\text{-}ра} = 120\ г$

$\omega_1 = 20\ \%$ или 0,2

$m_{2\ р\text{-}ра} = 40\ г$

$\omega_2 = 50\ \%$ или 0,5

Найти: ω_3

Решение:

$$\omega_3 = \frac{m_{3\ в\text{-}ва}}{m_{3\ р\text{-}ра}} \cdot 100\ \%$$

1) $m_{3\ в\text{-}ва} = m_{1\ в\text{-}ва} + m_{2\ в\text{-}ва}$

$$m_{1\ в\text{-}ва} = \frac{\omega_1}{100\ \%} \cdot m_{1\ р\text{-}ра} = 0,2 \cdot 120\ г = 24\ г,$$

$$m_{2\ в\text{-}ва} = \frac{\omega_2}{100\ \%} \cdot m_{2\ р\text{-}ра} = 0,5 \cdot 40\ г = 20\ г$$

$m_{3\ в\text{-}ва} = 24\ г + 20\ г = 44\ г.$

2) $m_{3\ р\text{-}ра} = m_{1\ р\text{-}ра} + m_{2\ р\text{-}ра} = 120\ г + 40\ г = 160\ г.$

3) $\omega_3 = \frac{44\ г}{160\ г} \cdot 100\ \% = 27,5\ \%$

Ответ: $\omega_3 = 27,5\ \%$

Задание 73.

Масса 5 %-ного спиртового раствора иода, приготовленного из 7 г кристаллического иода, равна _____ г. (Запишите число с точностью до десятых.)

Алгоритм решения задачи

1. Кратко запишем условие задачи.

Дано:

ω = 5 % или 0,05

$m_{в\text{-}ва}$ = 7 г

Найти: $m_{р\text{-}ра}$

2. Для нахождения массы раствора преобразуем формулу (I):

$$m_{р-ра} = \frac{m_{в-ва}}{\omega} \cdot 100\ \%.$$

3. Подставим числовые значения и вычислим

$$m_{р-ра} = \frac{7}{0{,}05} = 140\ г$$

Ответ: масса спиртового раствора иода равна 140 г.

Краткая запись решения задачи будет выглядеть следующим образом:

Дано:

ω = 5 % или 0,05

$m_{в\text{-}ва}$ = 7 г

Найти: $m_{р\text{-}ра}$

Решение:

$$m_{р-ра} = \frac{m_{в-ва}}{\omega} \cdot 100\ \%.$$

$$m_{р-ра} = \frac{7}{0{,}05} = 140\ г$$

Ответ: $m_{р\text{-}ра}$ = 140 г.

Задание 74.

Из 200 г 15 %-ного раствора хлорида калия выпарили 50 г воды. Массовая доля растворенного вещества в оставшемся растворе равна _____ %. (Запишите ответ с точностью до целых.)

Алгоритм решения задачи

В условии задачи идет речь о двух растворах. Присвоим индекс 1 данным по исходному раствору, а индекс 2 – раствору, оставшемуся после выпаривания 50 г воды.

1. Кратко запишем условие задачи.

Дано:

$m_{1\ р\text{-}ра} = 200$ г

$\omega_1 = 15\ \%$ или 0,15

$m_{вып.\ воды} = 50$ г

Найти: ω_2

2. Массовую долю хлорида калия в растворе, оставшемся после выпаривания воды, будем находить по формуле (I):

$$\omega_2 = \frac{m_{2\ в\text{-}ва}}{m_{2\ р\text{-}ра}} \cdot 100\ \%$$

При выпаривании воды из раствора масса растворенного в нем вещества не изменилась, то есть $m_{1\ в\text{-}ва} = m_{2\ в\text{-}ва}$.

3. Преобразуем формулу (I) и вычислим $m_{1\ в\text{-}ва}$

$$m_{1\ в\text{-}ва} = \frac{\omega_1}{100\ \%} \cdot m_{1\ р\text{-}ра},$$

$$m_{1\ в\text{-}ва} = \frac{15\ \%}{100\ \%} \cdot 200\ г = 0{,}15 \cdot 200\ г = 30\ г,\ m_{2\ в\text{-}ва} = 30\ г.$$

При выпаривании воды масса исходного раствора уменьшается на массу выпаренной воды:

$m_{2\ р\text{-}ра} = m_{1\ р\text{-}ра} - m_{вып.\ воды}$, $m_{2\ р\text{-}ра} = 200\ г - 50\ г = 150\ г$.

Теперь мы имеем все данные для вычисления ω_2.

$$\omega_2 = \frac{30\ г}{150\ г} \cdot 100\ \% = 20\ \%$$

Ответ: массовая доля вещества в оставшемся растворе равна 20 %.

Краткая запись решения задачи будет выглядеть следующим образом:

Дано:

$m_{1\ р\text{-}ра} = 200$ г

$\omega_1 = 15\ \%$ или 0,15

$m_{вып.\ воды} = 50$ г

Найти: ω_2

Решение:

$$\omega_2 = \frac{m_{2\ в\text{-}ва}}{m_{2\ р\text{-}ра}} \cdot 100\ \%$$

1) $m_{2\ в\text{-}ва} = m_{1\ в\text{-}ва}$.

$$m_{1\,в\text{-}ва} = \frac{\omega_1}{100\,\%} \cdot m_{1\,р\text{-}ра} = 0{,}15 \cdot 200\,г = 30\,г$$

$m_{2\,в\text{-}ва} = 30$ г.

2) $m_{2\,р\text{-}ра} = m_{1\,р\text{-}ра} - m_{вып.\,воды}$, $m_{2\,р\text{-}ра} = 200\,г - 50\,г = 150\,г$.

3) $\omega_2 = \frac{30\,г}{150\,г} \cdot 100\,\% = 20\,\%$

Ответ: $\omega_2 = 20\,\%$.

Расчеты с использованием объемных соотношений газов при химических реакциях

Для решения задач этого типа необходимо знание того, что газы взаимодействуют в объемах, пропорциональных их стехиометрическим коэффициентам в уравнениях реакций. Поэтому правильная запись уравнения реакции будет являться главным условием для успешного решения задачи.

Задание 75.

При взаимодействии 10 л (н.у.) метана и 8 л (н.у.) хлора образуется монохлорметан (н.у.) объемом _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

Решение:

1. Составим уравнение реакции метана с хлором с образованием монохлорметана.

$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$

2. В соответствии с коэффициентами метан и хлор взаимодействуют в соотношении один к одному, т.е. в равных объемах: $V(CH_4) : V(Cl_2) = 1 : 1$.

По условию задачи 10 л метана реагирует с 8 л хлора. Значит, метан дан в избытке, расчет образующегося монохлорметана будем вести по объему хлора.

3. В соответствии с уравнением реакции объемы хлора и монохлорметана равны: $V(Cl_2) = V(CH_3Cl) = 8$ л.

Ответ: $V(CH_3Cl) = 8$ л.

Задание 76.

Объем воздуха (н.у.), необходимый для полного сжигания 50 л метана (н.у.), равен _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

Решение:

1. Составим уравнение реакции горения метана в кислороде:

$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

2. В соответствии с коэффициентами в уравнении реакции объемы метана и кислорода соотносятся как один к двум: $V(CH_4) : V(O_2) = 1 : 2$. Значит, для сжигания 50 л метана необходим в два раза больший объем кислорода: $V(O_2) = 2 \cdot 50$ л = 100 л.

3. Учитывая, что кислород составляет 21 % от объема воздуха, величина объема воздуха, необходимого для сжигания 50 л метана: $V_{возд.} = \frac{100\ л}{0,21} = 476,19$ л

Округлим полученное значение до целых $V_{возд.} = 476$ л.

Ответ: $V_{возд.} = 476$ л.

Задание 77.

Объем воздуха (н.у.), необходимый для сжигания 32 л (н.у.) угарного газа, равен _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

Решение:

1. Составим уравнение реакции сжигания угарного газа (оксида углерода (II)):

$2CO + O_2 = 2CO_2$.

2. В соответствии с коэффициентами в уравнении реакции объемы угарного газа и кислорода соотносятся как два к одному: $V(CO) : V(O_2) = 2 : 1$. Значит, для сжигания 32 л угарного газа потребуется в два раза меньший объем кислорода:

$$V(O_2) = \frac{1}{2}V(CO) = \frac{1}{2} \cdot 32\ л = 16\ л$$

3. Учитывая, что кислород составляет 21 % от объема воздуха, вычислим объем воздуха, необходимый для сжигания 32 л угарного газа.

$$V_{возд.} = \frac{V(O_2)}{21\,\%} \cdot 100\,\% = \frac{16\text{ л}}{21\,\%} \cdot 100\,\% = 76{,}19\text{ л}$$

Следуя требованиям условия задачи, полученное число округлим до целого, получим V(возд.) = 76 л.

Ответ: $V_{возд.}$ = 76 л.

Задание 78.

Объем воздуха (н.у.), необходимый для полного сгорания 50 л (н.у.) ацетилена, равен _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

Решение:

1. Составим уравнение реакции полного сгорания ацетилана в кислороде: $2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$.

2. В соответствии с коэффициентами в уравнении реакции объемы ацетилена и кислорода соотносятся как два к пяти:

$V(C_2H_2) : V(O_2) = 2 : 5$.

Значит, для сжигания 50 л ацетилена потребуется объем кислорода, в 2,5 раза больший, чем объем ацетилена:

$$V(O_2) = \frac{5}{2} \cdot V(C_2H_2) = 2{,}5 \cdot V(C_2H_2) = 2{,}5 \cdot 50\text{ л} = 125\text{ л}.$$

Учитывая, что кислород составляет 21 % от объема воздуха, вычислим объем воздуха, необходимый для сжигания 50 л ацетилена:

$$V_{возд.} = \frac{V(O_2)}{21\,\%} \cdot 100\,\% = \frac{125\text{ л}}{21\,\%} \cdot 100\,\% = 595{,}238\text{ л}$$

Следуя требованиям условия задачи, округляем полученное число до целого, получим V(возд.) = 595 л.

Ответ: $V_{возд.}$ = 595 л.

Задание 79.

Объем воздуха (н.у.), необходимый для полного сгорания 60 л (н.у.) этилена, равен _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

Решение:

1. Составим уравнение реакции полного сгорания этилена в кислороде:

$C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$.

2. В соответствии с коэффициентами в уравнении реакции объемы этилена и кислорода соотносятся как один к трем: $V(C_2H_4) : V(O_2) = 1 : 3$. Значит, для сжигания 60 л этилена потребуется объем кислорода, в три раза больший, чем объем этилена:

$V(O_2) = 3 \cdot V(C_2H_4) = 3 \cdot 60$ л $= 180$ л.

$$\omega_2 = \frac{m_{2\,в-ва}}{m_{2\,р-ра}} \cdot 100\,\%$$

$$V_{возд.} = \frac{V(O_2)}{0,21} = \frac{180}{0,21} = 857,14 \text{ л}$$

Следуя требованиям условия задачи, округляем полученное значение до целого: V(возд.) = 857 л.

Ответ: $V_{возд.} = 857$ л.

Задание 80.

Объем газа (н.у.), полученного при горении 0,6 моль аммиака, равен _____ л. (Запишите число с точностью до десятых.)

Решение:

1. Составим уравнение реакции горения аммиака в кислороде: $4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$

2. В соответствии с коэффициентами в уравнении реакции количества веществ азота и аммиака соотносятся как два к четырем, или один к двум: $\nu(N_2) : \nu(NH_3) = 2 : 4 = 1 : 2$

Значит, при горении 0,6 моль аммиака получается в два раза меньшее количество вещества азота:

$$\nu(N_2) = \frac{1}{2} \cdot \nu(NH_3) = \frac{1}{2} \cdot 0,6 \text{ моль} = 0,3 \text{ моль}$$

3. Вычислим объем 0,3 моль азота:

$V(N_2) = \nu \cdot 22,4$ л/моль $= 0,3 \cdot 22,4 = 6,72$ л.

Ответ: $V(N_2) = 6,72$ л.

Задание 81.

Объем воздуха (н.у.), необходимый для сжигания 2 л (н.у.) пропана, равен _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

Решение:

1. Составим уравнение полного горения пропана в кислороде: $C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O$.

В соответствии с коэффициентами $V(C_3H_8) : V(O_2) = 1 : 5$. Следовательно, для сжигания 2 л пропана необходим в пять раз больший объем кислорода: $V(O_2) = 5 \cdot V(C_3H_2) = 5 \cdot 2$ л = 10 л.

Ответ: $V(O_2) = 10$ л.

Расчеты массы вещества или объема газа по известному количеству вещества, участвующего в реакции

При решении задач этого типа необходимо знать, что коэффициенты в уравнении реакции показывают молярные соотношения веществ, участвующих в реакции.

Задание 82.

Какая масса иода выделится при взаимодействии 0,5 моль иодида калия с необходимым количеством хлора?

(Запишите число с точностью до десятых.)

Решение:

1. Запишем уравнение химической реакции, о которой говорится в условии задачи:

$2KI + Cl_2 = I_2 + 2KCl$

2. Коэффициенты в уравнении реакции показывают, что при взаимодействии 2 моль иодида калия с хлором выделяется 1 моль иода, т.е.

$$\nu(I_2) = \frac{1}{2}\nu(KI)$$

Учитывая, что по условию задачи количество вещества иодида калия равно 0,5 моль, получим

$$\nu(I_2) = \frac{1}{2} \cdot 0{,}5 = 0{,}25 \text{ моль}$$

3. Вычислим массу этого количества иода:

$m(I_2) = \nu \cdot M = 0{,}25$ моль $\cdot$ 254 г/моль = 63,5 г

Ответ: $m(I_2) = 63{,}5$ г

Задание 83.

Какая масса брома выделится при взаимодействии 0,3 моль бромида калия с избытком хлора?

(Запишите число с точностью до целых.)

Решение:

1. Запишем уравнение реакции, о которой говорится в условии задачи:

$2KBr + Cl_2 = Br_2 + 2KCl$

2. Коэффициенты в уравнении реакции показывают, что при взаимодействии 2 моль бромида калия с хлором выделяется 1 моль брома, т.е.

$$\nu(Br_2) = \frac{1}{2}\nu(KBr)$$

Учитывая, что по условию задачи количество вещества бромида калия равно 0,3 моль, получим

$$\nu(Br_2) = \frac{1}{2} \cdot 0{,}3 \text{ моль} = 0{,}15 \text{ моль}$$

3. Вычислим массу этого количества вещества брома:

$m(Br_2) = \nu \cdot M = 0{,}15$ моль $\cdot$ 160 г/моль = 24 г

Ответ: $m(Br_2) = 24$ г

Задание 84.

Какой объем (н.у.) оксида серы (IV) вступил в реакцию с избытком раствора гидроксида натрия, если при этом образовался сульфит натрия количеством вещества 0,2 моль?

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до сотых.)

Решение:

1. Запишем уравнение реакции, о которой говорится в условии задачи:

$SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$

2. Коэффициенты в уравнении реакции показывают, что при образовании 1 моль сульфита натрия в реакцию вступает 1 моль оксида серы (IV), т.е.

$\nu(SO_2) = \nu(Na_2SO_3)$

Учитывая, что по условию задачи количество вещества сульфита натрия равно 0,2 моль, получим

$\nu(SO_2) = 0{,}2$ моль

3. Вычислим объем этого количества вещества оксида серы (IV)

$V(SO_2) = \nu \cdot V_м$,

где $V_м$ – молярный объем газа при н.у.

$V_м = 22{,}4$ л/моль

$V(SO_2) = 0,2$ моль $\cdot$ 22,4 л/моль = 4,48 л

Ответ: $V(SO_2) = 4,48$ л

Задание 85.

При обжиге сульфида цинка было получено 0,5 моль оксида цинка. Какой объем (н.у.) оксида серы (IV) образовался в результате этого процесса?

(Запишите число с точностью до десятых.)

Решение:

1. Запишем уравнение реакции, о которой говорится в условии задачи: $2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2\uparrow$

2. Коэффициенты в уравнении реакции показывают, что при получении 2 моль оксида цинка ZnO образуется 2 моль оксида серы (IV), т.е.

$\nu(SO_2) = \nu(ZnO)$

Учитывая, что по условию задачи было получено 0,5 моль оксида цинка, получим

$\nu(SO_2) = 0,5$ моль

3. Вычислим объем этого количества вещества оксида серы (IV):

$V(SO_2) = \nu \cdot V_м = 0,5$ моль $\cdot$ 22,4 л/моль = 11,2 л

Ответ: $V(SO_2) = 11,2$ л

Задание 86.

Какой объем (н.у.) сероводорода выделился при взаимодействии 0,3 моль сульфида железа (II) с избытком соляной кислоты?

(Запишите число с точностью до сотых.)

Решение:

1. Запишем уравнение реакции, о которой говорится в условии задачи: $FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S\uparrow$

2. Коэффициенты в уравнении реакции показывают, что при выделении 1 моль сероводорода H_2S в реакцию вступает 1 моль сульфида железа (II), т.е.

$\nu(H_2S) = \nu(FeS)$

Учитывая, что по условию задачи в реакцию вступило 0,3 моль сульфида железа (II), получим

$\nu(H_2S) = 0,3$ моль

3. Вычислим объем этого количества вещества сероводорода

$V(H_2S) = \nu \cdot V_м = 0,3$ моль $\cdot$ 22,4 л/моль = 6,72 л

Ответ: $V(H_2S) = 6,72$ л

Задание 87.

При взаимодействии 6,5 г цинка и 11,2 л (н.у.) кислорода образуется оксид цинка количеством вещества _____ моль. (Запишите число с точностью до десятых.)

Решение

1. Составим уравнение реакции цинка с кислородом:

$2Zn + O_2 = 2ZnO$.

2. Количество образовавшегося оксида цинка будет зависеть от количества того вещества, которое прореагирует полностью. Для того, чтобы это выяснить вычислим количества веществ цинка и кислорода:

$$\nu(Zn) = \frac{m}{M} = \frac{6,5\ г}{65\ г/моль} = 0,1\ моль;$$

$$\nu(O_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{11,2\ л}{22,4\ л/моль} = 0,5\ моль.$$

3. В соответствии с коэффициентами в уравнении реакции количество вещества цинка должно быть в два раза больше количества вещества кислорода: $\nu(Zn) : \nu(O_2) = 2 : 1$. Следовательно, по данным задачи цинк прореагирует полностью, и количество вещества оксида цинка зависит от количества цинка: $\nu(ZnO) = \nu(Zn) = 0,1$ моль.

Ответ: $\nu(ZnO) = 0,1$ моль.

Расчеты массы (объема, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества или имеет примеси

Задание 88.

Масса 10 %-ного раствора гидроксида натрия, которая необходима для реакции с 42,3 г фенола, равна _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

Решение:

1. Решение задачи начинаем с составления уравнения реакции между фенолом и гидроксидом натрия:

$C_6H_5OH + NaOH = C_6H_5ONa + H_2O$.

Коэффициенты перед формулами фенола и гидроксида натрия показывают соотношение количества реагирующих веществ:

$\nu(C_6H_5OH) : \nu(NaOH) = 1 : 1$. То есть $\nu(C_6H_5OH) = \nu(NaOH)$.

2. Далее вычисляем количество вещества фенола, масса которого составляет 42,3 г.

$$\nu(C_6H_5OH) = \frac{m}{M} = \frac{42{,}3\ г}{94\ г/моль} = 0{,}45\ моль.$$

Значит, и гидроксида натрия необходимо такое же количество вещества $\nu(NaOH) = 0{,}45$ моль. Но по условию задачи необходимо вычислить массу 10 %-ного раствора, который будет содержать такое количество гидроксида натрия.

3. Поэтому произведем последующие вычисления. Найдем массу 0,45 моль гидроксида натрия: $m(NaOH) = \nu \cdot M = 0{,}45$ моль $\cdot$ 40 г/моль = 18 г.

Вычислим массу раствора гидроксида натрия:

$$m_{р-ра} = \frac{m_{в-ва}}{\omega} \cdot 100\ \% = \frac{18\ г}{0{,}1} = 180\ г$$

Ответ: $m_{р-ра} = 180$ г.

Задание 89.

Смешали 30 мл 8 %-ного раствора ацетата серебра ($\rho = 1{,}04$ г/мл) и 24 г 10 %-ного раствора H_2S. Масса образовавшегося осадка равна _____ г. (Запишите число с точностью до десятых.)

Решение:

1. Составим уравнение химической реакции между ацетатом серебра и сероводородом:

$2CH_3COOAg + H_2S = Ag_2S\downarrow + 2CH_3COOH$

В осадок выпадает сульфид серебра. Его масса будет зависеть от того, какое из реагирующих веществ (CH_3COOH или H_2S), прореагирует полностью.

2. Вычислим количества веществ ацетата серебра и сероводорода, которые присутствуют в смешанных растворах, и определим полностью прореагировавшее вещество.

Для этого необходимо получить ответ на следующие вопросы: а) какое количество вещества ацетата серебра содержится в 30 мл 8 %-ного раствора (ρ = 1,04 г/мл); б) какое количество вещества сероводорода содержится в 24 г 10 %-ного раствора; в) какое из веществ прореагировало полностью?

Для ответа на данные вопросы проведем соответствующие вычисления.

• Вычислим массу 30 мл раствора ацетата серебра:

$m_{р\text{-}ра} = V \cdot \rho = 30$ мл $\cdot$ 1,04 г/мл = 31,2 г.

• Вычислим массу ацетата серебра, содержащуюся в растворе:

$$m_{в-ва} = \frac{\omega}{100\,\%} \cdot m_{р-ра} = 0{,}08 \cdot 31{,}2\ г = 2{,}496\ г$$

• Вычислим количество вещества ацетата серебра:

$$\nu(CH_3COOAg) = \frac{m}{M} = \frac{2{,}496\ г}{167\ г/моль} = 0{,}015\ моль$$

• Вычислим массу сероводорода:

$$m_{в-ва} = \frac{\omega}{100\,\%} \cdot m_{р-ра} = 0{,}1 \cdot 24\ г = 2{,}4\ г$$

• Вычислим количество вещества сероводорода:

$$\nu(H_2S) = \frac{m}{M} = \frac{2{,}4\ г}{34\ г/моль} = 0{,}071\ моль$$

• В соответствии с коэффициентами в уравнении реакции количества веществ соотносятся так: $\nu(CH_3COOAg) : \nu(H_2S) = 2 : 1$, то есть сероводорода должно быть в два раза меньше, чем ацетата серебра. Согласно данным задачи и проведенным вычислениям делаем вывод, что сероводород дан в избытке. Значит полностью прореагирует ацетат серебра. Таким образом, масса образовавшегося осадка должна рассчитываться по количеству ацетата серебра.

3. Вычисление массы осадка сульфида серебра (Ag_2S).

В соответствии с коэффициентами в уравнении реакции перед ацетатом серебра и сульфидом серебра, их соотношение:

$\nu(CH_3COOAg) : \nu(Ag_2S) = 2 : 1$. То есть количество сульфида серебра $\nu(AgS) = \frac{1}{2}\nu(CH_3COOAg) = \frac{1}{2} \cdot 0{,}015$ моль $= 0{,}0075$ моль

Вычислим массу сульфида серебра:

$m(Ag_2S) = \nu \cdot M = 0{,}0075$ моль $\cdot$ 248 г/моль = 1,86 г.

Следуя указаниям условия задачи, округляем полученное число до десятых $m(Ag_2S) = 1{,}9$ г.

Ответ: $m(Ag_2S) = 1{,}9$ г.

Задание 90.

Объем ацетилена (н.у.), полученного из 40 г карбида кальция, содержащего 20 % примесей, равен _____ л. (Запишите число с точностью до десятых).

Решение:

1. Составим уравнение реакции получения ацетилена из карбида кальция: $CaC_2 + 2H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2$.

2. Вычислим массу чистого, без примесей, карбида кальция. Если примеси составляют 20 %, то чистый карбид кальция составляет 100 % – 20 % = 80 % или 0,8 от массы, указанной в условии задачи.

$m(CaC_2) = 0{,}8 \cdot 40$ г = 36 г.

3. Вычислим количество вещества чистого карбида кальция:

$$\nu(CaC_2) = \frac{36\text{ г}}{64\text{ г/моль}} = 0{,}5625\text{ моль.}$$

4. В соответствии с коэффициентами в уравнении реакции ацетилен образуется количеством вещества, равным количеству вещества карбида кальция: $\nu(CaC_2) : \nu(C_2H_2) = 1 : 1$, то есть $\nu(C_2H_2) = \nu(CaC_2) = 0{,}5625$ моль.

5. Найдем объем этого количества вещества ацетилена:

$V = \nu \cdot 22{,}4$ л/моль $= 0{,}5625$ моль $\cdot$ 22,4 л/моль = 12,6 л

Ответ: $V(C_2H_2) = 12{,}6$ л.

Задание 91.

Какой объем аммиака (н.у.) необходим для промышленного получения 5 т 60 %-ной азотной кислоты, если известно, что потери при производстве составят 3 %?

Решение:

1. В условии задачи идет речь о нескольких последовательных процессах:

1) $4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$

2) $2NO + O_2 = 2NO_2$

3) $4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$

Можно проследить мольное соотношение азотосодержащих веществ и сделать вывод, что $\nu(NH_3) : \nu(HNO_3) = 1 : 1$.

2. Вычислим массу азотной кислоты, содержащейся в 5 т 60 %-ного раствора: $m_{в\text{-}ва} = \omega \cdot m_{р\text{-}ра} = 0{,}6 \cdot 5$ т = 3 т. Учитывая потери производства, будем считать, что 3 т – это 97 %. Пересчитаем на 100 %-ный выход:

$$m(HNO_3) = \frac{3\ т}{0{,}97} = 3{,}093\ т = 3093\ кг$$

3. Количество вещества азотной кислоты:

$$\nu(HNO_3) = \frac{m}{M} = \frac{3093\ кг}{63\ кг/кмоль} = 49{,}1\ кмоль.$$

$\nu(NH_3) = \nu(HNO_3) = 49{,}1$ кмоль.

4. Вычислим объем аммиака:

$V(NH_3) = \nu \cdot 22{,}4\ м^3/кмоль = 49{,}1 \cdot 22{,}4 = 1099{,}84\ м^3 \approx 1100\ м^3$.

Ответ: $V(NH_3) = 1100\ м^3$.

Расчетные задачи высокого уровня сложности

Используемые в экзаменационной работе для ЕГЭ задания высокого уровня сложности предполагают осуществление расчетов:

– массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из исходных веществ дано в избытке (имеет примеси);

– массы (объема, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества.

Выполнение таких заданий (задач) требует обязательного наличия развернутого ответа, который по своей сути должен представлять собою подробное описание выбранного способа (алгоритма) решения. Это означает, что содержание ответа должно включать все необходимые (согласно условию задачи) уравнения реакций, вычисления, названия веществ, объяснения ко всем поставленным вопросам и ответы на них. Оценка правильности выполнения заданий осуществляется с учетом того, как все эти элементы представлены в развернутом ответе.

Приведем примеры заданий с описанием алгоритмов их решения.

Задание 92.

Газообразный аммиак, выделившийся при кипячении 160 г 7 %-ного гидроксида калия с 9,0 г хлорида аммония, растворим в 75 г воды. Определите массовую долю аммиака в полученном растворе.

Решение:

1) Составляем уравнение реакции:

$KOH + NH_4Cl = KCl + NH_3 + H_2O$

2) Рассчитываем массу и количество вещества щелочи в растворе, а также количество вещества хлорида аммония:

$m(KOH) = 160 \cdot 0,07 = 11,2$ г

$\nu(KOH) = 11,2/56 = 0,2$ моль,

$\nu(NH_4Cl) = 9/53,5 = 0,168$ моль

3) Указываем вещество, которое в растворе находится в избытке – это:

KOH – гидроксид калия (вещество, которое реагирует полностью – NH_4Cl).

4) Определяем массу аммиака, массу раствора и массовую долю аммиака в полученном растворе:

$\nu(NH_3) = \nu(NH_4Cl) = 0,168$ моль

$m(NH_3) = 0,168 \cdot 17 = 2,86$ г

$m_{р\text{-}ра} = m(H_2O) + m(NH_3) = 75 + 2,86 = 77,86$ г

$\omega(NH_3) = 2,86/77,86 = 0,0367$ или 3,67 %.

Ответ: массовая доля аммиака в растворе равна 3,67 %.

Сразу же обращаем внимание на то, что допускаются иные формулировки элементов ответа, не искажающие его смысла. Это примечание применимо и к случаю решения других задач.

На примере этого задания можно также проиллюстрировать подход к оценке правильности выполнения расчетных задач.

Правильность выполнения данного задания оценивается так:

Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
В ответе допущена ошибка только в одном из названных выше элементов	3
В ответе допущены ошибки в двух элементах	2
В ответе допущены ошибки в трех элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	4

Задание 93.

Оксид серы (VI) массой 8 г растворили в 110 г 8 %-ной серной кислоты. Какая соль и в каком количестве образуется, если к полученному раствору добавить 10,6 г гидроксида калия?

Решение:

1) Записываем уравнение реакции:

$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

2) Рассчитываем количество вещества образовавшейся серной кислоты:

$$\nu(SO_3) = \frac{8}{80} = 0{,}1 \text{ моль},$$

$\nu(H_2SO_4) = \nu(SO_3) = 0{,}1$ моль

3) Определяем соотношение количества вещества взятой щелочи и суммарного числа моль кислоты, находящейся в полученном растворе:

$$\nu(KOH) = \frac{10{,}6}{56} = 0{,}19 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2SO_4) = 110 \cdot \frac{0{,}08}{98} + 0{,}1 = 0{,}19 \text{ моль}$$

Количества веществ кислоты и щелочи относятся как 1 : 1, значит при их взаимодействии образуется кислая соль.

4) Составляем уравнение реакции и определяем число моль соли:

$H_2SO_4 + KOH = KHSO_4 + H_2O$

$\nu(H_2SO_4) = \nu(KOH) = \nu(KHSO_4) = 0{,}19$ моль

Ответ: образовалась кислая соль – гидросульфат калия ($KHSO_4$) количеством вещества 0,19 моль.

Задание 94.

Карбид алюминия растворили в 380 г 15 %-ного раствора хлороводородной кислоты. Выделившийся при этом метан занял объем 6,72 л (н.у.). Рассчитайте массовую долю хлороводорода в полученном растворе.

Решение

1) Составляем уравнение реакции:

$Al_4C_3 + 12HCl = 4AlCl_3 + 3CH_4\uparrow$

2) Рассчитываем массу выделившегося метана:

$\nu(CH_4) = 6{,}72/22{,}4 = 0{,}3$ моль

$m(CH_4) = 0{,}3$ моль $\cdot$ 16 г/моль = 4,8 г

3) Рассчитываем количества и массы вступивших в реакцию веществ:

$\nu(Al_4C_3) = 1/3 \cdot \nu(CH_4) = 0{,}1$ моль

$m(Al_4C_3) = 0{,}1$ моль $\cdot$ 144 г/моль. = 14,4 г

$\nu(HCl) = 4 \cdot \nu(CH_4) = 1{,}2$ моль

$m(HCl) = 1{,}2$ моль $\cdot$ 36,5 г/моль = 43,8 г

4) Рассчитываем массу раствора и массовую долю оставшейся кислоты в нем:

$m_{(раствора)} = 380 + 14{,}4 - 4{,}8 = 389{,}6$ г

$\omega(HCl) = (380 \cdot 0{,}15 - 43{,}8)/389{,}6 = 0{,}034$ или 3,4 %

Ответ: массовая доля хлороводорода в полученном растворе 3,4 %.

Задание 95.

Смешали 125 мл 5 %-ного раствора гидроксида лития (ρ = 1,05 г/мл) и 100 мл 5 %-ного раствора азотной кислоты (ρ = 1,03 г/мл). Определите среду полученного раствора и массовую долю нитрата лития в нем.

Решение:

1) Составляем уравнение реакции:

$LiOH + HNO_3 = LiNO_3 + H_2O$

2) Рассчитаем количества веществ щелочи и кислоты в исходных растворах и сделаем вывод о щелочной среде полученного раствора:

$\nu(LiOH) = 125 \cdot 1,05 \cdot 0,05/24 = 0,27$ моль

$\nu(HNO_3) = 100 \cdot 1,03 \cdot 0,05/63 = 0,082$ моль

3) Вычисляем массу нитрата лития в растворе:

$\nu(LiNO_3) = \nu(HNO_3) = 0,082$ моль

$m(LiNO_3) = 0,082 \cdot 69 = 5,66$ г

4) Вычисляем массу раствора и массовую долю соли в нем:

$m_{(раствора)} = 125 \cdot 1,05 + 100 \cdot 1,03 = 234,25$ г

$\omega(LiNO_3) = 5,66/234,5 = 0,024$ или 2,4 %

Ответ: среда полученного раствора щелочная; массовая доля нитрата лития в нем 2,4 %.

Задание 96.

Оксид фосфора (V) массой 1,42 г растворили в 60 г 8,2 %-ной ортофосфорной кислоты и полученный раствор прокипятили. Какая соль и в каком количестве образуется, если к полученному раствору добавить 3,92 г гидроксида калия?

Решение:

1) Составляем уравнение реакции:

$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$

2) Рассчитываем количество вещества образовавшейся ортофосфорной кислоты:

$\nu(P_2O_5) = 1,42/142 = 0,01$ моль,

$\nu(H_3PO_4) = 2\nu(P_2O_5) = 0,02$ моль

3) Определяем соотношение количества вещества взятой щелочи и суммарного числа моль кислоты, находящейся в полученном растворе:

$\nu(KOH) = 3,92/56 = 0,07$ моль

$m(H_3PO_4) = 60 \cdot 0,082/98 + 0,02 = 0,07$ моль

Количества веществ кислоты и щелочи относятся как 1 : 1, значит при их взаимодействии образуется кислая соль.

4) Составляем уравнение реакции и определяем число моль соли:

$H_3PO_4 + KOH = KH_2PO_4 + H_2O$,

$\nu(H_3PO_4) = \nu(KOH) = \nu(KH_2PO_4) = 0,07$ моль

Ответ: образовалась кислая соль – дигидрофосфат калия (KH_2PO_4) количеством вещества 0,07 моль.

Задание 97.

При обработке карбида алюминия раствором соляной кислоты, масса которого 150 г и массовая доля HCl 12 %, выделилось 2,24 л (н.у.) метана. Рассчитайте массовую долю хлорида алюминия в полученном растворе.

Решение:

1) Составляем уравнение реакции:

$Al_4C_3 + 12HCl = 4AlCl_3 + 3CH_4\uparrow$

2) Рассчитываем количество веществ метана и хлорида алюминия и их массы:

$\nu(CH_4) = 2,24/22,4 = 0,1$ моль

$m(CH_4) = 0,1$ моль $\cdot$ 16 г/моль = 1,6 г

$\nu(AlCl_3) = 4/3 \cdot \nu(CH_4) = 0,133$ моль

$m(AlCl_3) = 0,133$ моль $\cdot$ 133,5 г/моль = 17,75 г

3) Находим массу карбида алюминия:

$\nu(Al_4Cl_3) = 1/3 \cdot \nu(CH_4) = 0,033$ моль

$m(Al_4C_3) = 0,033$ моль $\cdot$ 144 г/моль = 4,75 г

4) Определяем массу раствора и массовую долю соли в нем:

m(раствора) = 150 + 4,75 – 1,6 = 153,15 г

$\omega(AlCl_3) = 17,75/153,15 = 0,116 = 11,6$ %

Ответ: массовая доля хлорида алюминия в полученном растворе 11,6 %.

Задание 98.

Рассчитайте массовую долю соли в растворе, полученном при растворении 1,3 г цинка в 36,5 г 10 %-ного раствора соляной кислоты.

Решение:

1. Составим уравнение химической реакции между цинком и соляной кислотой:

$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$

Чтобы вычислить массовую долю соли – хлорида цинка в полученном растворе необходимо знать массу этой соли и массу раствора:

$$\omega = \frac{m_{соли}}{m_{р-ра}} \cdot 100\ \%.$$

2) Рассчитаем массу соли, образовавшейся в результате реакции.

Для этого необходимо выяснить, весь ли цинк растворился в данном количестве соляной кислоты. Для этого вычислим количество вещества цинка и количество вещества хлороводорода.

$$\nu(Zn) = \frac{m}{M} = \frac{1{,}3\ г}{65\ г/моль} = 0{,}02\ моль;$$

$$m(HCl) = \frac{\omega}{100\ \%} \cdot m_{р-ра} = \frac{10\ \%}{100\ \%} \cdot 36{,}5\ г = 3{,}65\ г$$

$$\nu(HCl) = \frac{m}{M} = \frac{3{,}65\ г}{36{,}5\ г/моль} = 0{,}1\ моль;$$

В соответствии с коэффициентами в уравнении реакции, количества веществ цинка и хлороводорода соотносятся как один к двум:

$\nu(Zn) : \nu(HCl) = 1 : 2$.

По данным задачи хлороводород дан в избытке, значит весь цинк растворяется в соляной кислоте, а масса полученной соли зависит от количества цинка: $\nu(Zn) : \nu(ZnCl_2) = 1 : 1$, то есть $\nu(ZnCl_2) = \nu(Zn) = 0{,}02$ моль. Тогда $m(ZnCl_2) = \nu \cdot M = 0{,}02$ моль $\cdot$ 136 г/моль = 2,72 г.

3) Вычислим массу полученного раствора.

Проанализируем происходящий процесс: к 36,5 г раствора соляной кислоты добавили 1,3 г цинка, но при этом произошла химическая реакция, в ходе которой из раствора выделился газообразный водород (потеря массы). Следовательно, $m_{р-ра} = m_{р-ра}(HCl) + m(Zn) - m(H_2)$

$m(H_2) = \nu \cdot M$, $\nu(H_2) = \nu(Zn) = 0{,}02$ моль,

$m(H_2) = 0{,}02$ моль $\cdot$ 2 г/моль = 0,04 г

$m_{р-ра} = 36{,}5\ г + 1{,}3\ г - 0{,}04\ г = 37{,}76\ г$

4) Вычислим массовую долю соли:

$$\omega(ZnCl_2) = \frac{2{,}72\ г}{37{,}76\ г} \cdot 100\ \% = 7{,}2\ \%$$

Ответ: $\omega(ZnCl_2) = 7{,}2\ \%$.

Задачи на установление молекулярной формулы соединения

Еще одним видом заданий (задач) высокого уровня сложности в экзаменационной работе являются задачи на установление молекулярной формулы соединения. Условно их можно разделить на четыре типа. Ознакомимся с особенностями каждого из них.

Установление химической формулы вещества по массовым долям элементов, входящих в его состав

Это наиболее простой тип задач, хорошо известный всем экзаменуемым. Вот пример такой задачи.

Задание 99.

Установите молекулярную формулу углеводорода, содержащего по массе 81,8 % углерода и 18,2 % водорода.

Решение:

Из условия задачи следует, что в 100 г неизвестного углеводорода содержится 81,8 г углерода и 18,2 г водорода. Найдем количества веществ углерода и водорода:

$\nu(C) = m/M = 81,8/12 = 6,82$ моль

$\nu(H) = m/M = 18,2/1 = 18,2$ моль

Отношение количеств веществ углерода и водорода в 100 г этого углеводорода (а, следовательно, и в любой другой его порции) равно:

$\nu(C) = \nu(H) = 6,82 : 18,2 = 1 : 2,67$

Ближайшее целочисленное соотношение составит:

$\nu(C) : \nu(H) = 1 : 2,67 = 3 : 8$

что отвечает формуле пропана C_3H_8.

Таким образом, алгоритм решения данной задачи предусматривает:

- расчет соотношения числа молей атомов углерода и водорода и определение тем самым простейшей формулы углеводорода (в данном случае $CH_{2,67}$);
- установление истинной молекулярной формулы углеводорода – C_3H_8.

Подобный алгоритм решения имеют и другие задачи данного типа.

Оценку выполнения задания в соответствии с описанным алгоритмом решения осуществляют так:

Содержание верного ответа (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: 1) Рассчитано соотношение числа атомов углерода и водорода (или определена простейшая формула углеводорода): $\nu(C) = m/M = 81,8/12 = 6,82$ моль $\nu(H) = m/M = 18,2/1 = 18,2$ моль $\nu(C) : \nu(H) = 6,82 : 18,2 = 1 : 2,67$ $CH_{2,67}$ – простейшая формула 2) Установлена истинная молекулярная формула: т.к. дробного числа атомов в молекуле быть не может, следует простейшую формулу умножить на 3 для получения целочисленных индексов: $(CH_{2,67})_3 = C_3H_8$ – истинная молекулярная формула	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	2
Правильно записан один из названных выше элементов (первый или второй)	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	2

Здесь также обращаем внимание на примечание: допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла. Это значит, что если задача будет решена другим способом, и полученный при этом ответ является правильным, то такое решение также будет оценено высшим баллом.

Аналогично оценивается правильность выполнения остальных типов заданий (задач) на установление молекулярной формулы соединения.

Установление молекулярной формулы соединения по массовым долям элементов в случае, если один из элементов неизвестен

Этот тип задач на установление молекулярной формулы тесно связан с предыдущим типом, единственная трудность состоит в том, что неизвестен один из элементов, входящих в состав соединения. Как справиться с этой трудностью, станет ясно из следующего примера.

Задание 100.

Соединение содержит 35,37 % хрома, 43,54 % кислорода, остальное приходится на неизвестный элемент. Установите химическую формулу этого соединения.

Решение:

1) Найдем соотношение числа атомов хрома и кислорода в соединении $Cr_aЭ_bO_c$:

a : c = 35,37/52 : 43,54/16 = 0,68 : 2,72 = 1 : 4

2) Предположив, что соединение содержит 1 атом хрома, т.е. имеет состав $CrЭ_bO_4$, найдем его молярную массу:

0,3537 = 52/M

откуда M = 147 г/моль

3) На b атомов неизвестного элемента приходится 147 – 52 – 4 · 16 = 31 г/моль. Это может отвечать только одному атому фосфора.

Ответ: химическая формула соединения $CrPO_4$.

Установление химической формулы вещества по продуктам его сгорания

Задание 101.

При сгорании газообразного органического вещества, не содержащего кислород, выделилось 2,24 л (н.у.) углекислого газа, 1,8 г воды и 3,65 г хлороводорода. Установите молекулярную формулу сгоревшего вещества.

Решение:

Прежде всего, найдем количества веществ, образовавшихся при горении:

$\nu(CO_2) = 2,24/22,4 = 0,1$ моль

$\nu(HCl) = 3,65/36,5 = 0,1$ моль

$\nu(H_2O) = 1,8/18 = 0,1$ моль

Зная количества веществ, образовавшихся при сгорании, можно рассчитать количества веществ атомов углерода, хлора и водорода в исходном соединении:

$\nu(C) = \nu(CO_2) = 0,1$ моль

$\nu(Cl) = \nu(HCl) = 0,1$ моль

$\nu(H) = 2\nu(H_2O) + \nu(HCl) = 2 \cdot 0,1 + 0,1 = 0,3$ моль

Таким образом, простейшая формула сгоревшего соединения может быть записана как CH_3Cl.

Эта простейшая формула является и истинной молекулярной формулой. Действительно, если мы попытаемся удвоить или утроить ее, то получим химически ошибочные формулы, не отвечающие реальным соединениям. Например, $C_2H_6Cl_2$ не может существовать, так как число атомов водорода и хлора превышает число свободных валентностей углерода.

Ответ: молекулярная формула соединения CH_3Cl (хлорметан).

Задание 102.

При сжигании газообразного углеводорода с плотностью по водороду 21 получено 8,4 л углекислого газа и 6,75 г воды. Определите молекулярную формулу углеводорода.

Решение:

1. Рассчитаем количества веществ углекислого газа и воды, найдем простейшую формулу углеводорода:

$\nu(CO_2) = V/V_м = 8,4/22,4 = 0,375$ моль

$\nu(H_2O) = m/M = 6,75/18 = 0,375$ моль

$\nu(C) = \nu(CO_2) = 0,375$ моль

$\nu(H) = 2\nu(H_2O) = 0,75$ моль

Соотношение $n(C) : n(H) = 0,375 : 0,75 = 1 : 2$

Простейшая формула углеводорода CH_2

2. Рассчитаем молекулярную массу углеводорода (исходя из его плотности) и установим его истинную молекулярную формулу.

Молярная масса простейшей формулы равна $M(CH_2) = 14$ г/моль.

Молярная масса углеводорода, исходя из его плотности, равна $M = 2D_{H_2} = 2 \cdot 21 = 42$ г/моль, что втрое больше молярной массы простейшей формулы, следовательно, простейшую формулу следует утроить. Отсюда молекулярная формула сгоревшего углеводорода C_3H_6.

Ответ: молекулярная формула углеводорода C_3H_6.

Задание 103.

При сгорании 6,4 г органического соединения образовалось 4,48 л углекислого газа и 7,2 г воды. Плотность паров этого соединения по водороду равна 16. Установите его молекулярную формулу.

Решение:

1. Найдем количества веществ углекислого газа и воды, и также выясним, содержит ли это вещество кислород

$\nu(CO_2) = V/V_м = 4,48/22,4 = 0,2$ моль

$\nu(H_2O) = m/M = 7,2/18 = 0,4$ моль

$\nu(C) = \nu(CO_2) = 0,2$ моль $\qquad m(C) = 0,2 \cdot 12 = 2,4$ г

$\nu(H) = 2\nu(H_2O) = 0,8$ моль $\qquad m(H) = 0,8$ г

Так как масса углерода и водорода (3,2 г) не совпадает с массой сгоревшего вещества (6,4 г), то разница должна приходиться на массу кислорода:

$m(O) = 6,4 - 3,2 = 3,2$ г

$\nu(O) = 3,2/16 = 0,2$ моль

2. Найдем соотношение числа атомов элементов и установим формулу сгоревшего соединения:

Соотношение числа атомов составит $\nu(C) : \nu(H) : \nu(O) = 0,2 : 0,8 : 0,2 = 1 : 4 : 1$

Простейшая формула CH_4O.

Очевидно, что это и есть настоящая молекулярная формула, т.к. ее молярная масса совпадает с молярной массой, найденной по плотности: $M = 2 \cdot 16 = 32$ г/моль. Эта молекулярная формула от-

вечает метанолу CH_3OH. Называть соединение необязательно, так как в задании этого не требуется.

Ответ: молекулярная формула органического соединения CH_3OH.

Установление молекулярной формулы соединения с использованием общей формулы гомологического ряда

При решении этого типа задач полезно знать и использовать общие формулы изучаемых в школьном курсе органической химии гомологических рядов, в частности таких:

Гомологический ряд	Общая формула	Молярная масса
Алканы	C_nH_{2n+2}	14n + 2
Алкены	C_nH_{2n}	14n
Алкины	C_nH_{2n-2}	14n – 2
Диены	C_nH_{2n-2}	14n – 2
Циклоалканы	C_nH_{2n}	14n
Арены	C_nH_{2n-6}	14n – 6
Моногалогеналканы	$C_nH_{2n+1}X$	14n + 1 + M(X)
Дигалогеналканы	$C_nH_{2n}X_2$	14n + 2M(X)
Одноатомные спирты	$C_nH_{2n+1}OH$	14n + 18
Альдегиды	$C_nH_{2n+1}COH$	14n + 30
Предельные карбоновые одноосновные кислоты	$C_nH_{2n+1}COOH$	14n + 46
Простые эфиры	$C_nH_{2n+2}O$	14n + 18
Первичные амины	$C_nH_{2n+1}NH_2$	14n + 17
Аминокислоты	$(NH_2)C_nH_{2n}COOH$	14n + 61

Задание 104.

Установите молекулярную формулу первичного амина, бромоводородная соль которого содержит 63,5 % брома.

Решение:

1. Общая формула солей аминов с бромоводородом: $[C_nH_{2n+1}NH_3]Br$

Исходя из общей формулы этой соли, составим алгебраическое выражение для расчета массовой доли брома в ней:

$$\omega(Br) = \frac{M(Br)}{M(C_nH_{2n+1}NH_3Br)}$$

2) Подставим в эту формулу все известные данные, рассчитаем число атомов углерода *n* в молекуле амина и установим его молекулярную формулу:

$$0{,}635 = \frac{80}{12n + 2n + 1 + 14 + 3 + 80}$$

$n = 2$

Следовательно, формула амина $C_2H_5NH_2$.

Ответ: молекулярная формула первичного амина $C_2H_5NH_2$.

Задание 105.

При сгорании 1 г одноатомного спирта выделился углекислый газ объемом 1,12 л. Установите молекулярную формулу этого спирта.

Решение:

1) Используя общую формулу спиртов, составим схему образования углекислого газа при горении спирта и найдем количества веществ углекислого газа и спирта:

$C_nH_{2n+1}OH \rightarrow nCO_2$

(в этой схеме мы ограничились лишь образованием одного продукта – углекислого газа, о котором есть данные в условии задачи).

$\nu(CO_2) = V/V_м = 1{,}12/22{,}4 = 0{,}05$ моль

$\nu(C_nH_{2n+1}OH) = 1/\nu \cdot 0{,}05 = 0{,}05/\nu$ моль

2) Установим молекулярную формулу спирта, для чего рассчитаем его молекулярную массу:

$M(C_nH_{2n+1}OH) = m/\nu = \nu/0{,}05 = 20\nu$ (г/моль)

С другой стороны:

$M(C_nH_{2n+1}OH) = 12n + 2n + 1 + 17 = 14n + 18$ (г/моль).

Приравняв правые части, получим:

$20n = 14n + 18$

$n = 3$

Искомый спирт – пропанол C_3H_7OH.

Ответ: молекулярная формула спирта C_3H_7OH.

ЧАСТЬ II

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

II.1. Периодический закон и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. Строение атома

1. Установите соответствие между формулой частицы и ее электронной конфигурацией

ЧАСТИЦА	ЭЛЕКТРОННАЯ КОНФИГУРАЦИЯ
А) N^{+2}	1) $1s^2$
Б) N^{+4}	2) $1s^2 2s^2 2p^6$
В) N^{-3}	3) $1s^2 2s^2 2p^1$
Г) N^{+5}	4) $1s^2 2s^1$

А	Б	В	Г

2. Установите соответствие между формулой частицы и ее электронной конфигурацией.

ЧАСТИЦА	ЭЛЕКТРОННАЯ КОНФИГУРАЦИЯ
А) Cl^{+7}	1) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
Б) Cl^{+5}	2) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
В) Cl^0	3) $1s^2 2s^2 2p^6$
Г) Cl^{-1}	4) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

А	Б	В	Г

3. Установите соответствие между элементом и электронной конфигурацией атомов.

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА	ЭЛЕКТРОННАЯ КОНФИГУРАЦИЯ
А) He	1) $1s^2 2s^2 2p^3$
Б) N	2) $1s^2 2s^2 2p^1$
В) B	3) $1s^2$
Г) C	4) $1s^2 2s^2$
	5) $1s^2 2s^2 2p^2$

А	Б	В	Г

4. Установите соответствие между формулой частицы и ее электронной конфигурацией.

ЧАСТИЦА	ЭЛЕКТРОННАЯ КОНФИГУРАЦИЯ
А) S^0	1) $1s^22s^22p^63s^2$
Б) Cl^{+7}	2) $1s^22s^22p^63s^23p^4$
В) P^{+3}	3) $1s^22s^22p^5$
Г) N^{-2}	4) $1s^22s^22p^6$

А	Б	В	Г

5. Установите соответствие между формулой частицы и ее электронной конфигурацией.

ЧАСТИЦА	ЭЛЕКТРОННАЯ КОНФИГУРАЦИЯ
А) S^{+4}	1) $1s^22s^22p^63s^23p^3$
Б) Cl^{+3}	2) $1s^22s^22p^63s^23p^2$
В) P^0	3) $1s^22s^22p^53s^2$
Г) N^{-2}	4) $1s^22s^22p^5$

А	Б	В	Г

6. Установите соответствие между формулой частицы и ее электронной конфигурацией.

ЧАСТИЦА	ЭЛЕКТРОННАЯ КОНФИГУРАЦИЯ
А) P^{+5}	1) $1s^22s^22p^5$
Б) N^{+4}	2) $1s^22s^22p^6$
В) C^{-2}	3) $1s^22s^1$
Г) F^0	4) $1s^22s^22p^4$

А	Б	В	Г

7. Установите соответствие между знаком химического элемента и формулой его высшего фторида.

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА	ФОРМУЛА ФТОРИДА
А) Si	1) $ЭF_2$
Б) Se	2) $ЭF_3$
В) S	3) $ЭF_4$
Г) I	4) $ЭF_5$
	5) $ЭF_6$
	6) $ЭF_7$

А	Б	В	Г

8. Установите соответствие между химическим элементом и формулой его высшего хлорида.

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА	ФОРМУЛА ХЛОРИДА
А) P	1) ЭCl
Б) Si	2) $ЭCl_2$
В) As	3) $ЭCl_3$
Г) C	4) $ЭCl_4$
	5) $ЭCl_5$

А	Б	В	Г

9. Установите соответствие между химическим элементом и формулой его фторида.

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА	ФОРМУЛА ФТОРИДА
А) Cs	1) ЭF
Б) Al	2) $ЭF_2$
В) Rb	3) $ЭF_3$
Г) Ra	4) $ЭF_4$

А	Б	В	Г

10. Установите соответствие между химическим элементом и формулой его высшего фторида.

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА	ФОРМУЛА ФТОРИДА
А) I	1) $ЭF_2$
Б) P	2) $ЭF_3$
В) N	3) $ЭF_4$
Г) S	4) $ЭF_5$
	5) $ЭF_6$
	6) $ЭF_7$

А	Б	В	Г

11. Установите соответствие между знаком химического элемента и формулой его высшего гидроксида.

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА	ФОРМУЛА ГИДРОКСИДА
А) N	1) ЭОН
Б) B	2) $Э(OH)_3$
В) As	3) $H_3ЭO_4$
Г) Br	4) $H_3ЭO_3$
	5) $HЭO_3$
	6) $HЭO_4$

А	Б	В	Г

II.2. Химическая связь. Строение вещества

1. Установите соответствие между названием вещества и типом его кристаллической решетки.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	ТИП КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ
А) алмаз	1) ионная
Б) «сухой лед»	2) молекулярная
В) хлорид калия	3) атомная
Г) оксид кремния (IV)	4) металлическая

А	Б	В	Г

2. Установите соответствие между типом кристаллической решетки и свойствами веществ.

ТИП КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ	СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ
А) ионная	1) твердые, тугоплавкие
Б) металлическая	2) хрупкие, легкоплавкие
В) атомная	3) пластичные, имеют различные температуры плавления, проводят электрический ток
Г) молекулярная	4) твердые, тугоплавкие, хорошо растворяются в воде

А	Б	В	Г

3. Установите соответствие между формулой соединения и видом химической связи в нем.

ФОРМУЛА СОЕДИНЕНИЯ	ВИД СВЯЗИ
А) Na_3N	1) ковалентная полярная
Б) Be	2) металлическая
В) HF	3) ионная
Г) O_3	4) ковалентная неполярная
	5) водородная

А	Б	В	Г

4. Установите соответствие между видом связи в веществе и формулой химического соединения.

ВИД СВЯЗИ	ФОРМУЛЫ СОЕДИНЕНИЙ
А) ионная	1) H_2
Б) металлическая	2) Ba
В) ковалентная полярная	3) HF
Г) ковалентная неполярная	4) BaF_2

А	Б	В	Г

5. Установите соответствие между названием соединения и типом гибридизации атомных орбиталей углерода в нем.

НАЗВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ	ТИП ГИБРИДИЗАЦИИ АТОМНЫХ ОРБИТАЛЕЙ
А) циклобутан	1) *sp*
Б) этанол	2) sp^2
В) бутадиен-1,3	3) sp^3
Г) этин	

А	Б	В	Г

6. Установите соответствие между названием соединения и типом гибридизации атомных орбиталей углерода в нем.

НАЗВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ	ТИП ГИБРИДИЗАЦИИ АТОМНЫХ ОРБИТАЛЕЙ
А) ацетальдегид	1) sp^3
Б) пропин	2) sp^2 и *sp*
В) пропанол-2	3) *sp* и sp^3
Г) стирол	4) sp^3 и sp^2
	5) sp^2

А	Б	В	Г

7. Установите соответствие между формулой вещества и числом σ-связей в молекуле этого вещества.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	ЧИСЛО σ-СВЯЗЕЙ
А) CH_3OH	1) одна
Б) CO_2	2) две
В) C_2H_2	3) три
Г) C_2H_4	4) четыре
	5) пять
	6) шесть

А	Б	В	Г

8. Установите соответствие между названием вещества и числом π-связей в его молекуле.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	ЧИСЛО π-СВЯЗЕЙ В МОЛЕКУЛЕ
А) метаналь	1) ноль
Б) этан	2) одна
В) ацетилен	3) две
Г) бутадиен-1,3	4) три
	5) четыре

А	Б	В	Г

9. Установите соответствие между формулой вещества и числом π-связей в его молекуле.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	ЧИСЛО π-СВЯЗЕЙ В МОЛЕКУЛЕ
А) HCHO	1) ноль
Б) CO_2	2) одна
В) C_2H_2	3) две
Г) HNO_2	4) три
	5) четыре

А	Б	В	Г

10. Установите соответствие между формулой вещества и числом π-связей в его молекуле.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	ЧИСЛО π-СВЯЗЕЙ В МОЛЕКУЛЕ
А) H_2SO_3	1) ни одной
Б) C_2Cl_6	2) одна
В) CH_3COOH	3) две
Г) CS_2	4) три
	5) четыре
	6) пять

А	Б	В	Г

11. Установите соответствие между формулой частицы и степенью окисления азота в ней.

ФОРМУЛА ЧАСТИЦЫ	СТЕПЕНЬ ОКИСЛЕНИЯ АЗОТА
А) NO_3^-	1) –3
Б) NBr_3	2) –2
В) NO_2^-	3) +2
Г) NOF	4) +3
	5) +4
	6) +5

А	Б	В	Г

12. Установите соответствие между формулой соединения и значением степени окисления хлора в нем.

ФОРМУЛА СОЕДИНЕНИЯ	СТЕПЕНЬ ОКИСЛЕНИЯ ХЛОРА
А) $Ca(OCl)_2$	1) +1
Б) $KClO_3$	2) +2
В) $HClO_2$	3) +3
Г) $FeCl_3$	4) +5
	5) –1

А	Б	В	Г

13. Установите соответствие между символом химического элемента и возможными значениями его степеней окисления.

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА	СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ
А) Cl	1) –2, –1, 0, +2
Б) F	2) -2, 0, +4, +6
В) P	3) -3, 0, +3, +5
Г) S	4) –1, 0
	5) –1, 0, +1, +3, +5, +7
	6) –4, –2, 0, +2, +4

А	Б	В	Г

II.3. Классификация неорганических веществ. Характерные химические свойства основных классов неорганических и органических веществ

1. Установите соответствие между названием вещества и его принадлежностью к соответствующему классу (группе) неорганических соединений.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	КЛАСС (ГРУППА) НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
А) оксид азота (II)	1) кислотный оксид
Б) оксид кальция	2) оснóвный оксид
В) оксид серы (IV)	3) несолеобразующий оксид
Г) оксид углерода (II)	4) амфотерный оксид

А	Б	В	Г

2. Установите соответствие между названием соединения и его принадлежностью к определенному классу органических веществ.

НАЗВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ	КЛАСС ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
А) глицин	1) спирты
Б) 1,2-диметилбензол	2) аминокислоты
В) метилбензоат	3) фенолы
Г) 1,2-пропандиол	4) сложные эфиры
	5) ароматические углеводороды

А	Б	В	Г

3. Установите соответствие между названием вещества и его принадлежностью к соответствующему классу (группе) неорганических соединений.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	КЛАСС (ГРУППА) НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
А) оксид азота (I)	1) кислотный оксид
Б) оксид магния	2) основный оксид
В) оксид фосфора (V)	3) несолеобразующий оксид
Г) оксид углерода (II)	4) амфотерный оксид

А	Б	В	Г

4. Установите соответствие между классом соединения и названием вещества.

КЛАСС СОЕДИНЕНИЙ	НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА
А) простой эфир	1) нитрометан
Б) нитросоединение	2) этиламин
В) многоатомный спирт	3) метилэтиловый эфир
Г) амин	4) ацетон
	5) глицерин
	6) этилацетат

А	Б	В	Г

5. Установите соответствие между названием вещества и классом (группой), к которому оно относится.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	КЛАСС (ГРУППА) НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
А) гидроксид хрома (VI)	1) кислая соль
Б) гидросульфат кальция	2) основание
В) хлорат калия	3) амфотерный гидроксид
Г) гидроксид хрома (III)	4) кислота
	5) средняя соль

А	Б	В	Г

6. Установите соответствие между названием вещества и классом (группой) неорганических соединений, к которому(-ой) оно относится.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	КЛАСС (ГРУППА) НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
А) гидрокарбонат свинца (II)	1) бескислородные кислоты
Б) серная кислота	2) щелочи
В) соляная кислота	3) осно́вные соли
Г) гидроксид бериллия	4) кислородсодержащие кислоты
	5) амфотерные гидроксиды
	6) кислые соли

А	Б	В	Г

7. Установите соответствие между названием вещества и классом (группой) неорганических соединений, к которому(-ой) оно относится.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	КЛАСС (ГРУППА) НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
А) гидрокарбонат натрия	1) основания
Б) гидроксид меди (II)	2) средние соли
В) сульфат хрома (III) калия	3) кислоты
Г) сульфат хрома (III)	4) осно́вные соли
	5) двойные соли
	6) кислые соли

А	Б	В	Г

8. Установите соответствие между названием органического вещества и классом, к которому оно принадлежит.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА
А) метилпропанол-2
Б) толуол
В) метилформиат
Г) глицерин

КЛАСС ВЕЩЕСТВ
1) ароматический углеводород
2) многоатомный спирт
3) сложный эфир
4) одноатомный спирт
5) простой эфир

А	Б	В	Г

9. Установите соответствие между веществом и его принадлежностью к определенному классу органических соединений.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА
А) пентанол-2
Б) декан
В) бутаналь
Г) пропин

КЛАСС ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
1) углеводороды
2) спирты
3) амины
4) альдегиды
5) эфиры

А	Б	В	Г

10. Установите соответствие между классом органических соединений и названием вещества, принадлежащего к этому классу.

КЛАСС СОЕДИНЕНИЙ
А) алкены
Б) арены
В) диены
Г) амины

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА
1) ацетилен
2) пропилен
3) изопрен
4) анилин
5) нитроглицерин
6) бензол

А	Б	В	Г

11. Установите соответствие между названием соединения и его принадлежностью к определенному классу органических веществ.

НАЗВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ
А) ацетон
Б) анилин
В) этилформиат
Г) дихлорметан

КЛАСС ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
1) галогенопроизводные углеводородов
2) амины
3) карбонильные соединения
4) спирты
5) сложные эфиры
6) простые эфиры

А	Б	В	Г

12. Установите соответствие между веществом и классом, к которому оно принадлежит.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА
А) этанол
Б) толуол
В) бутан
Г) анилин

КЛАСС СОЕДИНЕНИЙ
1) алканы
2) алкины
3) альдегиды
4) спирты
5) арены
6) амины

А	Б	В	Г

13. Установите соответствие между названием соединения и классом, к которому оно принадлежит.

НАЗВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ

А) толуол
Б) 2-метил-1-бутанол
В) изопропилэтаноат
Г) ацетон

КЛАСС СОЕДИНЕНИЯ

1) спирт
2) простой эфир
3) кетон
4) альдегид
5) сложный эфир
6) ароматический углеводород

А	Б	В	Г

14. Установите соответствие между формулой вещества и классом (группой) неорганических соединений, к которому это вещество принадлежит.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА

А) $Ba(OH)_2$
Б) $HClO_4$
В) $NH_4H_2PO_4$
Г) Mn_2O_7

КЛАСС (ГРУППА) НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1) кислотный оксид
2) бескислородная кислота
3) кислая соль
4) основный оксид
5) кислородсодержащая кислота
6) основание

А	Б	В	Г

15. Установите соответствие между названием вещества и классом (группой) неорганических соединений, к которому это вещество принадлежит.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	КЛАСС (ГРУППА) НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
А) $CsOH$	1) амфотерный оксид
Б) MnO	2) осно́вный оксид
В) Cr_2O_3	3) соль
Г) $K_4[Fe(CN)_6]$	4) щелочь
	5) амфотерный гидроксид

А	Б	В	Г

16. Установите соответствие между формулой вещества и классом (группой) неорганических соединений, к которому(-ой) это вещество принадлежит.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	КЛАСС (ГРУППА) НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
А) CrO	1) кислота
Б) CrO_3	2) основание
В) H_3BO_3	3) осно́вный оксид
Г) $K_4[Fe(CN)_6]$	4) амфотерный оксид
	5) кислотный оксид
	6) соль

А	Б	В	Г

17. Установите соответствие между формулой вещества и классом (группой) соединений, к которому(-ой) оно принадлежит.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	КЛАСС (ГРУППА) ВЕЩЕСТВ
А) $NaHS$	1) средние соли
Б) $Mg(ClO_4)_2$	2) кислоты
В) $Ca(OCl)_2$	3) амфотерные гидроксиды
Г) $Al(OH)_3$	4) оксиды
	5) основания
	6) кислые соли

А	Б	В	Г

18. Установите соответствие между формулой соли и группой солей, к которой она относится.

ФОРМУЛА СОЛИ	ГРУППА СОЛЕЙ
А) CH_3COONa	1) основные
Б) $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$	2) кислые
В) $Ca(HCO_3)_2$	3) средние
Г) $(CuOH)_2CO_3$	4) двойные
	5) комплексные

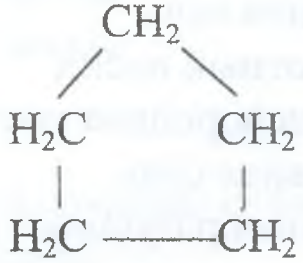
А	Б	В	Г

19. Установите соответствие между формулой соли и классом (группой) солей, к которому(-ой) она относится.

ФОРМУЛА СОЛИ	КЛАСС (ГРУППА) СОЛЕЙ
А) $Ca(OCl)Cl$	1) основные
Б) NaH_2PO_4	2) кислые
В) $Al(OH)SO_4$	3) средние
Г) $Fe(SCN)_3$	4) двойные
	5) смешанные

А	Б	В	Г

20. Установите соответствие между структурной формулой углеводорода и общей формулой его гомологического ряда.

ФОРМУЛА УГЛЕВОДОРОДА	ОБЩАЯ ФОРМУЛА
А) $CH_3 – C(CH_3)_2 – CH_3$	1) C_nH_{2n}
Б) $CH_3 – CH = C(CH_3) – CH_3$	2) C_nH_{2n-2}
В) $CH_3 – C \equiv C – CH_2 – CH_3$	3) C_nH_{2n+2}
Г) 	4) C_nH_{2n-6}

А	Б	В	Г

21. Установите соответствие между структурной формулой углеводорода и общей формулой его гомологического ряда.

ФОРМУЛА УГЛЕВОДОРОДА	ОБЩАЯ ФОРМУЛА
А) $CH_2 = C(CH_3) – CH = CH_2$	1) C_nH_{2n+2}
Б) $CH_3 – C \equiv C – CH_2 – CH_3$	2) C_nH_{2n-2}
В) $C_6H_5 – CH_2 – CH_2 – CH_3$	3) C_nH_{2n-6}
Г) $CH_3 – CH(CH_3) – CH(CH_3) – CH_3$	4) C_nH_{2n}

А	Б	В	Г

22. Установите соответствие между формулами гидроксидов и характером их свойств.

ФОРМУЛЫ ГИДРОСИДОВ	ХАРАКТЕР СВОЙСТВ ГИДРОКСИДОВ
А) KOH и $Al(OH)_3$	1) кислота, основание
Б) H_2SO_4 и $Be(OH)_2$	2) основание, амфотерный гидроксид
В) $Cu(OH)_2$ и H_2CrO_4	3) основание, кислота
Г) $HMnO_4$ и $Ba(OH)_2$	4) амфотерный гидроксид, кислота
	5) кислота, амфотерный гидроксид

А	Б	В	Г

23. Установите соответствие между формулой соединения и классом (группой) неорганических соединений, к которому(-ой) оно принадлежит.

ФОРМУЛА СОЕДИНЕНИЯ	КЛАСС (ГРУППА) НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
А) NH_4NO_3	1) средняя соль
Б) $(CuOH)_2CO_3$	2) кислотный оксид
В) $H_2[SiF_6]$	3) бескислородная кислота
Г) NO	4) основная соль
	5) несолеобразующий оксид
	6) кислородсодержащая кислота

А	Б	В	Г

24. Установите соответствие между названием вещества и классом (группой) неорганических соединений, к которому(-ой) оно принадлежит.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	КЛАСС (ГРУППА) СОЕДИНЕНИЙ
А) гидрокарбонат свинца (II)	1) бескислородная кислота
Б) серная кислота	2) щелочь
В) соляная кислота	3) основная соль
Г) гидроксид бериллия	4) кислородсодержащая кислота
	5) амфотерный гидроксид
	6) кислая соль

А	Б	В	Г

25. С образованием нитрита металла и кислорода разлагаются при нагревании:

1) нитрат натрия
2) нитрат алюминия
3) нитрат калия
4) нитрат ртути
5) нитрат лития
6) нитрат цинка

Ответ: _____.

26. Дихромат-ионы в кислой среде легко переходят в ионы Cr^{3+} под действием

1) H_2S
2) H_2SO_4
3) SO_2
4) H_3PO_4
5) O_2
6) Na_2SO_3

Ответ: _____.

27. И соляная кислота, и гидроксид кальция способны реагировать с

1) карбонатом натрия
2) нитратом натрия
3) гидроксидом бария
4) оксидом бериллия
5) алюминием
6) оксидом железа (II)

Ответ: _____.

28. И серная кислота, и гидроксид бария способны реагировать с

1) гидроксидом калия
2) гидроксидом алюминия
3) цинком
4) водородом
5) оксидом магния
6) силикатом натрия

Ответ: _____.

29. С какими из перечисленных ниже веществ взаимодействует раствор сульфата меди (II)?

1) гидроксид калия$_{(р\text{-}р)}$
2) железо
3) нитрат бария$_{(р\text{-}р)}$
4) оксид алюминия
5) оксид углерода (IV)
6) хлорид натрия$_{(р\text{-}р)}$

Ответ: _____.

30. С какими из перечисленных ниже веществ **не взаимодействует** соляная кислота?

1) гидроксид натрия$_{(р\text{-}р)}$
2) кислород
3) магний
4) хлорид натрия$_{(р\text{-}р)}$
5) оксид кальция
6) перманганат калия$_{(крист.)}$
7) серная кислота$_{(р\text{-}р)}$

Ответ: _____.

31. Оксид азота (IV) реагирует с:

1) гидроксидом натрия
2) фосфорной кислотой
3) раствором нитрата серебра
4) водой
5) оксидом кремния (IV)
6) оксидом магния

Ответ: _____.

32. С гидроксидом натрия реагирует:

1) хлорид лития
2) сульфат натрия
3) нитрат меди (II)
4) оксид серы (IV)
5) хлор
6) оксид меди (II)

Ответ: _____.

33. Для алюминия при определенных условиях возможно взаимодействие с:

1) $HgCl_2$
2) CaO
3) $CuSO_4$
4) $HNO_{3(конц.)}$
5) Na_2SO_4
6) Fe_3O_4

Ответ: _____.

34. Во взаимодействие с анилином способны вступать:

1) хлорид натрия
2) кислород
3) бром
4) азот
5) азотная кислота
6) гидроксид калия

Ответ: _____.

35. Среди перечисленных соединений с гидроксидом натрия и азотной кислотой способны взаимодействовать:

1) циклогексан
2) бензол
3) β-аминопропионовая кислота
4) анилин
5) глицин
6) этилат натрия
7) фенол

Ответ: _____.

36. С водным раствором гидроксида калия взаимодействуют:

1) пропан
2) толуол
3) фенилаланин
4) анилин
5) пропен
6) 2-бромпропан
7) глутаминовая кислота

Ответ: _____.

37. Среди перечисленных соединений с гидроксидом калия и азотной кислотой способны взаимодействовать:

1) циклопентан
2) толуол
3) аминоуксусная кислота
4) метиламин
5) аланин
6) метилат натрия
7) бензойная кислота

Ответ: _____.

38. Какие вещества способны обесцветить раствор перманганата калия?

1) бензол
2) метилбензол
3) этан
4) бутен-1
5) дивинил
6) 2-металбутан

Ответ: _____.

39. Для бензола характерны:

1) sp^2-гибридизация атомов углерода в молекуле
2) наличие шести σ-связей между атомами углерода
3) хорошая растворимость в воде
4) взаимодействие с водородом
5) взаимодействие с этанолом
6) взаимодействие с бромоводородом

Ответ: _____.

40. Олеиновая кислота может реагировать с

1) сульфатом кальция
2) бромной водой
3) хлоридом серебра
4) бутанолом-2
5) ртутью
6) гидроксидом калия

Ответ: _____.

41. Продуктами гидролиза сложных эфиров состава $C_5H_{10}O_2$ могут быть

1) пентаналь и метанол
2) пропановая кислота и этанол
3) этанол и бутаналь
4) бутановая кислота и метанол
5) этановая кислота и пропанол
6) формальдегид и пентанол

Ответ: _____.

42. Продуктами гидролиза сложных эфиров состава $C_6H_{12}O_2$ могут быть

1) пропановая кислота и пропанол
2) этаналь и диметиловый эфир
3) бутан и метилацетат
4) этановая кислота и бутанол
5) пентановая кислота и метанол
6) пропаналь и этандиол

Ответ: _____.

43. Метилэтиламин взаимодействует с

1) этаном
2) бромоводородной кислотой
3) кислородом
4) гидроксидом калия
5) пропаном
6) водой

Ответ: _____.

44. Диметиламин взаимодействует с

1) гидроксидом бария
2) кислородом
3) азотной кислотой
4) пропаном
5) уксусной кислотой
6) водой

Ответ: _____.

45. Пропиламин взаимодействует с

1) водой
2) муравьиной кислотой
3) бензолом
4) бутаном
5) хлороводородом
6) кислородом

Ответ: _____.

46. Анилин взаимодействует с

1) кислородом
2) пропионовой кислотой
3) хлором
4) толуолом
5) хлороводородом
6) метаном

Ответ: _____.

47. С какими веществами способен взаимодействовать аланин?

1) этан
2) гидроксид калия
3) хлорид калия
4) серная кислота
5) диметиловый эфир
6) толуол

Ответ: _____.

II.4. Химическая реакция. Классификация химических реакций в неорганической и органической химии. Закономерности химических реакций

Реакция ионного обмена. Гидролиз солей

1. Установите соответствие между исходными веществами и кратким ионным уравнением их взаимодействия.

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА	КРАТКОЕ ИОННОЕ УРАВНЕНИЕ
А) $Cu(NO_3)_2 + KOH \rightarrow$	1) $Ag^+ + Cl^- = AgCl$
Б) $CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow$	2) $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4$
В) $ZnCl_2 + AgNO_3 \rightarrow$	3) $Cu^{2+} + 2OH^- = Cu(OH)_2$
Г) $BaCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow$	4) $Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3$
	5) $Zn^{2+} + 2NO_3^- = Zn(NO_3)_2$
	6) $H^+ + Cl^- = HCl$

А	Б	В	Г

2. Установите соответствие между сокращенными ионными уравнениями реакций обмена и исходными веществами.

СОКРАЩЕННЫЕ ИОННЫЕ УРАВНЕНИЯ	ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА
А) $H^+ + OH^- = H_2O$	1) $CaBr_2$ и K_2CO_3
Б) $Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3$	2) H_3PO_4 и $Ba(OH)_2$
В) $Al^{3+} + 3OH^- = Al(OH)_3$	3) $Al_2(SO_4)_3$ и KOH
Г) $Ba^{2+} + SO_3^{2-} = BaSO_3$	4) $NaOH$ и H_2SO_4
	5) $Ba(OH)_2$ и Na_2SO_3

А	Б	В	Г

3. Установите соответствие между исходными веществами, вступающими в реакции обмена, и сокращенными ионными уравнениями этих реакций.

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА

А) H_2SO_4 и $BaCl_2$

Б) $Ba(OH)_2$ и K_2CO_3

В) $Al(NO_3)_3$ и KOH

Г) $BaBr_2$ и Na_2SO_4

СОКРАЩЕННЫЕ ИОННЫЕ УРАВНЕНИЯ

1) $Al^{3+} + 3OH^- = Al(OH)_3$

2) $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4$

3) $Na^+ + Br^- = NaBr$

4) $Ba^{2+} + CO_3^{2-} = BaCO_3$

5) $K^+ + NO_3^- = KNO_3$

А	Б	В	Г

4. Установите соответствие между реагирующими веществами и сокращенными ионными уравнениями реакций обмена.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА

А) Na_3PO_4 и $MgCl_2$

Б) $AgNO_3$ и $NaBr$

В) $Al_2(SO_4)_3$ и $BaCl_2$

Г) H_2SO_4 и $NaOH$

СОКРАЩЕННЫЕ ИОННЫЕ УРАВНЕНИЯ

1) $Ag^+ + Br^- = AgBr$

2) $H^+ + OH^- = H_2O$

3) $Al^{3+} + 3Cl^- = AlCl_3$

4) $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4$

5) $3Mg^{2+} + 2PO_4^{3-} = Mg_3(PO_4)_2$

6) $Na^+ + Cl^- = NaCl$

7) $Na^+ + NO_3^- = NaNO_3$

А	Б	В	Г

5. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами их взаимодействия.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) $CO_2 + H_2O \rightarrow$	1) $CaCO_3$
Б) $CO_2 + CaO \rightarrow$	2) $CaCO_3 + H_2O$
В) $CO_2 + Ca(OH)_{2(изб.)} \rightarrow$	3) $Ca(HCO_3)_2$
Г) $CO_{2(изб.)} + Ca(OH)_2 \rightarrow$	4) $Ca(HCO_3)_2 + H_2O$
	5) $CO + H_2$
	6) H_2CO_3

А	Б	В	Г

6. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами их взаимодействия:

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) $Ca(OH)_2 \xrightarrow{t}$	1) $CaO + H_2$
Б) $Ca(OH)_2 + H_2S \rightarrow$	2) $CaO + H_2O$
В) $Ca(OH)_2 + SO_2 \rightarrow$	3) $CaS + H_2O$
Г) $Ca(OH)_2 + SO_3 \rightarrow$	4) $CaSO_3 + H_2$
	5) $CaSO_3 + H_2O$
	6) $CaSO_4 + H_2O$

А	Б	В	Г

7. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами их взаимодействия.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) $Al_2O_3 + NaOH \xrightarrow{t\ (сплавл.)}$	1) $NaAlO_2$
Б) $Al_2O_3 + NaOH + H_2O \rightarrow$	2) $NaAlO_2 + H_2O$
В) $Al_2O_3 + Na_2CO_3 \xrightarrow{t\ (сплавл.)}$	3) $NaAlO_2 + CO_2$
Г) $Al_2O_3 + HCl \rightarrow$	4) $Na[Al(OH)_4]$
	5) $AlCl_3 + H_2O$
	6) $AlCl_3 + H_2O_2$

А	Б	В	Г

8. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами их взаимодействия.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) $KOH + SO_{3\ (изб.)} \rightarrow$	1) $KHSO_4$
Б) $KOH + SO_{3\ (недост.)} \rightarrow$	2) K_2SO_3
В) $KOH + CO_{2\ (изб.)} \rightarrow$	3) K_2CO_3 и H_2O
Г) $KOH + CO_{2\ (недост.)} \rightarrow$	4) K_2SO_4 и H_2O
	5) $KHCO_3$
	6) $KHSO_3$

А	Б	В	Г

9. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами их взаимодействия.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) $SO_2 + H_2O \rightarrow$	1) $CaSO_3 + H_2$
Б) $SO_3 + H_2O \rightarrow$	2) $CaSO_3 + H_2O$
В) $SO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow$	3) $CaSO_4 + H_2$
Г) $SO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow$	4) $CaSO_4 + H_2O$
	5) H_2SO_3
	6) H_2SO_4

А	Б	В	Г

10. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами их взаимодействия.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) $Ba(OH)_2 + CO_2 \rightarrow$	1) $Ba(ClO_4)_2 + H_2O$
Б) $Ba(OH)_2 + P_2O_5 \rightarrow$	2) $BaSO_3 + H_2O$
В) $Ba(OH)_2 + SO_3 \rightarrow$	3) $BaSO_4 + H_2O$
Г) $Ba(OH)_2 + Cl_2O_7 \rightarrow$	4) $Ba_3(PO_4)_2 + H_2$
	5) $Ba_3(PO_4)_2 + H_2O$
	6) $BaCO_3 + H_2O$

А	Б	В	Г

11. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами их взаимодействия.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) $Fe_2O_3 + SO_3 \rightarrow$	1) $FeSO_4$
Б) $Fe_2O_3 + H_2SO_4 \rightarrow$	2) $Fe(NO_3)_3 + H_2O$
В) $Fe_2O_3 + N_2O_5 \rightarrow$	3) $Fe_2(SO_4)_3$
Г) $Fe_2O_3 + HNO_3 \rightarrow$	4) $Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$
	5) $Fe(NO_3)_2 + H_2O$
	6) $Fe(NO_3)_3$

А	Б	В	Г

12. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами их взаимодействия.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) $NaOH + SiO_2 \rightarrow$	1) $Na_2SO_3 + H_2$
Б) $NaOH + Si \rightarrow$	2) $Na_2SO_3 + H_2O$
В) $NaOH + SO_3 \rightarrow$	3) $Na_2SO_4 + H_2O$
Г) $NaOH + SO_2 \rightarrow$	4) $Na_2SO_4 + H_2$
	5) $Na_2SiO_3 + H_2$
	6) $Na_2SiO_3 + H_2O$

А	Б	В	Г

13. Установите соответствие между исходными веществами и продуктами реакций.

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ РЕАКЦИЙ
А) $Fe + Cl_2 \rightarrow$	1) $FeCl_2$
Б) $Fe + HCl \rightarrow$	2) $FeCl_3$
В) $Cu + HNO_{3\,(конц.)} \rightarrow$	3) $FeCl_2 + H_2$
Г) $Cu + HNO_{3\,(разб.)} \rightarrow$	4) $Cu(NO_3)_2 + H_2$
	5) $Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$
	6) $Cu(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$

А	Б	В	Г

14. Установите соответствие между исходными веществами и продуктами реакции.

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ
А) $NaOH + CO_{2\,(изб.)} \rightarrow$	1) $NaOH + H_2$
Б) $NaOH_{(изб.)} + CO_2 \rightarrow$	2) $Na_2CO_3 + H_2O$
В) $Na + H_2O \rightarrow$	3) $NaHCO_3$
Г) $NaOH + HCl \rightarrow$	4) $NaCl + H_2O$
	5) $Na_2O + CO$

А	Б	В	Г

15. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами их взаимодействия.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) $P_2O_3 + H_2O \rightarrow$	1) H_3PO_2
Б) $P_2O_5 + H_2O \rightarrow$	2) H_3PO_3
В) $P_2O_5 + MgO \rightarrow$	3) H_3PO_4
Г) $P_2O_5 + Mg(OH)_2 \rightarrow$	4) $Mg_3(PO_4)_2$
	5) $Mg_3(PO_4)_2 + H_2$
	6) $Mg_3(PO_4)_2 + H_2O$

А	Б	В	Г

16. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами их взаимодействия.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) $Mg(OH)_2 + HNO_2 \rightarrow$	1) $MgSO_4 + H_2$
Б) $Mg(OH)_2 + HNO_3 \rightarrow$	2) $MgSO_4 + H_2O$
В) $Mg(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow$	3) $MgSO_3 + H_2$
Г) $Mg(OH)_2 + H_2SO_3 \rightarrow$	4) $MgSO_3 + H_2O$
	5) $Mg(NO_2)_2 + H_2O$
	6) $Mg(NO_3)_2 + H_2O$

А	Б	В	Г

17. Установите соответствие между исходными веществами и продуктами окислительно-восстановительных реакций.

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ
А) $Fe + Cl_2 \rightarrow$	1) $FeSO_4 + H_2$
Б) $Fe + HCl \rightarrow$	2) $Fe_2(SO_4)_3 + H_2$
В) $Fe + H_2SO_{4(разбавл.)} \rightarrow$	3) $Fe_2(SO_4)_3 + SO_2 + H_2O$
Г) $Fe + H_2SO_{4(конц.)} \xrightarrow{t}$	4) $FeCl_2 + H_2$
	5) $FeCl_3 + H_2$
	6) $FeCl_3$

А	Б	В	Г

18. Установите соответствие между названиями исходных веществ, вступающих в реакции обмена, и сокращенными ионными уравнениями этих реакций.

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА	СОКРАЩЕННЫЕ ИОННЫЕ УРАВНЕНИЯ
А) карбонат калия и хлорид кальция	1) $Cu^{2+} + 2OH^- = Cu(OH)_2$
Б) нитрат серебра и хлорид кальция	2) $Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3$
В) сульфат меди и сульфид натрия	3) $2Na^+ + SO_4^{2-} = Na_2SO_4$
Г) сульфат меди и гидроксид натрия	4) $Ag^+ + Cl^- = AgCl$
	5) $Cu^{2+} + S^{2-} = CuS$
	6) $Ca^{2+} + 2NO_3^- = Ca(NO_3)_2$

А	Б	В	Г

19. Установите соответствие между реагентами и ионно-молекулярным уравнением реакции.

РЕАГЕНТЫ	ИОННО-МОЛЕКУЛЯРНОЕ УРАВНЕНИЕ
А) $NaOH + HNO_3 \rightarrow$	1) $CaCO_3 + 2H^+ = Ca^{2+} + H_2O + CO_2$
Б) $Na_2CO_3 + HCl \rightarrow$	2) $CO_3^{2-} + H_2O = HCO_3^- + OH^-$
В) $Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow$	3) $OH^- + H^+ = H_2O$
Г) $CaCO_3 + HCl \rightarrow$	4) $CO_3^{2-} + 2H^+ = CO_2 + H_2O$
	5) $CO_3^{2-} + CO_2 + H_2O = 2HCO_3^-$

А	Б	В	Г

20. Установите соответствие между формулой соли и типом ее гидролиза.

ФОРМУЛА СОЛИ	ТИП ГИДРОЛИЗА
А) $(CH_3COO)_2Ba$	1) по катиону
Б) $BeBr_2$	2) по аниону
В) $Al_2(SO_4)_3$	3) по катиону и аниону
Г) Na_3PO_4	

А	Б	В	Г

21. Установите соответствие между составом соли и типом ее гидролиза.

СОСТАВ СОЛИ	ТИП ГИДРОЛИЗА
А) $BeSO_4$	1) по катиону
Б) KNO_2	2) по аниону
В) $Pb(NO_3)_2$	3) по катиону и аниону
Г) $CuCl_2$	

А	Б	В	Г

22. Установите соответствие между формулой соли и типом ее гидролиза.

ФОРМУЛА СОЛИ	ТИП ГИДРОЛИЗА
А) $FeCl_3$	1) по катиону
Б) BaS	2) по аниону
В) KF	3) по катиону и аниону
Г) $ZnSO_4$	

А	Б	В	Г

23. Установите соответствие между составом соли и типом ее гидролиза.

СОСТАВ СОЛИ	ТИП ГИДРОЛИЗА
А) $(CH_3COO)_2Ca$	1) по катиону
Б) K_2CO_3	2) по аниону
В) $Be(NO_3)_2$	3) по катиону и аниону
Г) NH_4Br	

А	Б	В	Г

24. Установите соответствие между составом соли и типом ее гидролиза.

СОСТАВ СОЛИ	ТИП ГИДРОЛИЗА
А) $CrCl_2$	1) по катиону
Б) $Cu(NO_3)_2$	2) по аниону
В) K_3PO_4	3) по катиону и аниону
Г) Na_2S	

А	Б	В	Г

25. Установите соответствие между составом соли и типом ее гидролиза.

СОСТАВ СОЛИ	ТИП ГИДРОЛИЗА
А) CH_3COOK	1) по катиону
Б) $Al(NO_3)_3$	2) по аниону
В) Li_2S	3) по катиону и аниону
Г) $HgCl_2$	

А	Б	В	Г

26. Установите соответствие между названием вещества и средой его водного раствора.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	СРЕДА РАСТВОРА
А) сульфат цинка	1) кислотная
Б) нитрат рубидия	2) нейтральная
В) фторид калия	3) щелочная
Г) гидрофосфат натрия	

А	Б	В	Г

27. Установите соответствие между формулой соли и средой ее водного раствора.

ФОРМУЛА СОЛИ	СРЕДА РАСТВОРА
А) HCOOK	1) нейтральная
Б) $KMnO_4$	2) щелочная
В) $MnCl_2$	3) кислотная
Г) Na_2SO_3	

А	Б	В	Г

28. Установите соответствие между названием вещества и продуктами его гидролиза.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ГИДРОЛИЗА
А) ацетат аммония	1) H_3PO_3 и HI
Б) хлор	2) HCl и HClO
В) тристеарин	3) CH_3COOH и $NH_3 \cdot H_2O$
Г) иодид фосфора (III)	4) $C_3H_5(OH)_3$ и $C_{17}H_{35}COOH$
	5) H_3PO_4 и HI

А	Б	В	Г

29. Установите соответствие между названием соли и уравнением ее гидролиза по первой ступени.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	УРАВНЕНИЕ ГИДРОЛИЗА
А) фосфат натрия	1) $PO_4^{3-} + H_2O \rightleftarrows HPO_4^{2-} + OH^-$
Б) гидрофосфат натрия	2) $HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftarrows H_2PO_4^- + OH^-$
В) сульфид натрия	3) $HPO_3^- + H_2O \rightleftarrows H_2SO_3 + OH^-$
Г) гидросульфид натрия	4) $S^{2-} + H_2O \rightleftarrows HS^- + OH^-$
	5) $HS^- + H_2O \rightleftarrows H_2S^- + OH^-$

А	Б	В	Г

30. Установите соответствие между формулой соли и типом гидролиза этой соли в водном растворе.

ФОРМУЛА СОЛИ	ТИП ГИДРОЛИЗА
А) $C_2H_5COONH_4$	1) гидролизуется по катиону
Б) $AlCl_3$	2) гидролизуется по аниону
В) K_2SO_4	3) гидролизуется по катиону и аниону
Г) Na_3PO_4	4) не гидролизуется

А	Б	В	Г

31. Установите соответствие между названием соли и реакцией среды в ее водном растворе.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	РЕАКЦИЯ СРЕДЫ
А) нитрат бария	1) кислая
Б) хлорид железа (III)	2) нейтральная
В) сульфат аммония	3) щелочная
Г) ацетат калия	

А	Б	В	Г

32. Установите соответствие между названием соли и реакцией среды ее водного раствора.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	РЕАКЦИЯ СРЕДЫ
А) нитрат калия	1) кислая
Б) сульфат железа (III)	2) нейтральная
В) карбонат калия	3) щелочная
Г) хлорид алюминия	

А	Б	В	Г

33. Установите соответствие между названием соли и реакцией среды ее водного раствора.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	РЕАКЦИЯ СРЕДЫ
А) нитрат калия	1) кислая
Б) сульфит натрия	2) нейтральная
В) силикат натрия	3) щелочная
Г) сульфат меди (II)	

А	Б	В	Г

34. Установите соответствие между названием соли и уравнением ее гидролиза по первой ступени.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	УРАВНЕНИЕ ГИДРОЛИЗА
А) сульфит натрия	1) $SO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows HSO_3^- + OH^-$
Б) гидросульфит натрия	2) $CO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows HCO_3^- + OH^-$
В) сульфид натрия	3) $HSO_3^- + H_2O \rightleftarrows H_2SO_3 + OH^-$
Г) карбонат натрия	4) $HCO_3^- + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 + OH^-$
	5) $S^{2-} + H_2O \rightleftarrows HS^- + H^+$

А	Б	В	Г

35. Установите соответствие между составом соли и типом ее гидролиза.

СОСТАВ СОЛИ	ТИП ГИДРОЛИЗА
А) Li_2CO_3	1) по катиону
Б) CH_3COONa	2) по аниону
В) $Mn(NO_3)_2$	3) по катиону и аниону
Г) $BeCl_2$	

А	Б	В	Г

36. Установите соответствие между формулой соли и типом ее гидролиза.

ФОРМУЛА СОЛИ	ТИП ГИДРОЛИЗА
А) $CrCl_3$	1) по катиону
Б) BaS	2) по аниону
В) $CuSO_4$	3) по катиону и аниону
Г) K_2S	

А	Б	В	Г

37. Установите соответствие между названием вещества и продуктами его гидролиза в водном растворе.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ГИДРОЛИЗА
А) триолеин	1) $C_{17}H_{33}COOH$ и $C_3H_5(OH)_3$
Б) нитрид магния	2) $Cu(OH)Cl$ и HCl
В) хлорид меди	3) NH_3 и $Mg(OH)_2$
Г) тринитрат целлюлозы	4) $(C_6H_{10}O_5)_n$ и HNO_3
	5) $Mg(NO_3)_2$ и NH_3
	6) $Cu(OH)_2$ и HCl

А	Б	В	Г

Окислительно-восстановительные реакции. Электролиз расплавов и растворов солей

38. Установите соответствие между схемой окислительно-восстановительной реакции и веществом-восстановителем в каждой из них.

СХЕМА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ РЕАКЦИИ	ВЕЩЕСТВО ВОССТАНОВИТЕЛЬ
А) $NH_3 + O_2 = NO + H_2O$	1) NH_3
Б) $H_2S + O_2 = SO_2 + H_2O$	2) O_2
В) $NO_2 + O_2 + H_2O = HNO_3$	3) H_2S
Г) $HNO_{3(конц.)} + Cu = Cu(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$	4) NO_2
	5) Cu

А	Б	В	Г

39. Установите соответствие между уравнением реакции и веществом-окислителем, участвующим в данной реакции.

УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ	ОКИСЛИТЕЛЬ
А) $2NO + 2H_2 = N_2 + 2H_2O$	1) H_2
Б) $2NH_3 + 2Na = 2NaNH_2 + H_2$	2) NO
В) $H_2 + 2Na = 2NaH$	3) N_2
Г) $2NH_3 + 3NO = 4N_2 + 3H_2O$	4) NH_3

А	Б	В	Г

40. Установите соответствие между реагентами и схемой превращения железа.

РЕАГЕНТЫ	СХЕМА ПРЕВРАЩЕНИЯ
А) железо и соляная кислота	1) $Fe^0 \rightarrow Fe^{+3}$
Б) железо и хлор	2) $Fe^{+2} \rightarrow Fe^0$
В) оксид железа (II) и оксид углерода (II)	3) $Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3}$
Г) гидроксид железа (II), вода и кислород	4) $Fe^0 \rightarrow Fe^{+2}$

А	Б	В	Г

41. Установите соответствие между названием вещества и электролитическим способом его получения.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ
А) кислород	1) электролиз водного раствора $NaClO_3$
Б) хлор	2) электролиз расплава NaI
В) водород	3) электролиз водного раствора $HgBr_2$
Г) бром	4) электролиз расплава KF
	5) электролиз водного раствора $CuCl_2$
	6) электролиз расплава Al_2O_3

А	Б	В	Г

42. Установите соответствие между формулой вещества и продуктами электролиза его водного раствора на инертных электродах.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА
А) CuF_2	1) металл и галоген
Б) $Cu(NO_3)_2$	2) гидроксид металла, водород и галоген
В) $CuBr_2$	3) металл, кислота и кислород
Г) $CuSO_4$	4) металл и кислород
	5) гидроксид металла, кислород и галоген
	6) водород и кислород

А	Б	В	Г

43. Установите соответствие между формулой вещества и продуктами электролиза его водного раствора на инертных электродах.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА
А) $Ca(ClO_4)_2$	1) Na, S
Б) Na_2S	2) O_2, H_2
В) NaI	3) NaOH, I_2, H_2
Г) HI	4) NaOH, H_2, S
	5) Na, I_2
	6) H_2, I_2

А	Б	В	Г

44. Установите соответствие между формулой вещества и продуктами электролиза его расплава.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА
А) $NaOH$	1) Na, O_3
Б) NaH	2) Na, O_2, H_2
В) $NaCl$	3) Na, H_2
Г) Na_2SO_4	4) Na, O_2, H_2O
	5) Na, Cl_2
	6) Na, SO_3, O_2

А	Б	В	Г

45. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$I_2 + K_2SO_3 + \ldots \rightarrow K_2SO_4 + \ldots + H_2O$.

Определите окислитель и восстановитель.

46. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$P + HNO_3 + \ldots \rightarrow NO + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

47. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$P + KClO_3 \xrightarrow{t^\circ} \ldots + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

48. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$P + HNO_{3(конц.)} \rightarrow NO_2 + \ldots + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

49. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$PH_3 + HNO_{3(конц.)} \rightarrow NO_2 + \ldots + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

50. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$PH_3 + HClO_3 \rightarrow HCl + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

51. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$PH_3 + HMnO_4 \rightarrow MnO_2 + \ldots + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

52. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$NO + KClO + \ldots \rightarrow KNO_3 + KCl + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

53. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$KNO_2 + \ldots + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + NO + \ldots + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

54. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$PH_3 + AgNO_3 + \ldots \rightarrow Ag + \ldots + HNO_3$

Определите окислитель и восстановитель.

55. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$KMnO_4 + H_2S + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + S + \ldots + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

56. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$KMnO_4 + KBr + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + Br_2 + \ldots + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

57. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$H_2S + HMnO_4 \rightarrow S + MnO_2 + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

58. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$H_2S + HClO_3 \rightarrow S + HCl + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

59. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$NO + HClO_4 + \ldots \rightarrow HNO_3 + HCl$

Определите окислитель и восстановитель.

60. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$Na_2SO_3 + Cl_2 + \ldots \rightarrow Na_2SO_4 + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

61. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$KMnO_4 + MnSO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2 + \ldots + \ldots$.

Определите окислитель и восстановитель.

62. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$KNO_2 + \ldots + H_2O \rightarrow MnO_2 + \ldots + KOH$

Определите окислитель и восстановитель.

63. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:

$Cr_2O_3 + \ldots + KOH \rightarrow KNO_2 + K_2CrO_4 + \ldots$

Определите окислитель и восстановитель.

Реакции, подтверждающие связь неорганических и органических соединений

64. Даны водные растворы: гексагидроксоалюмината калия $K_3[Al(OH)_6]$, хлорида алюминия, сероводорода и гидроксида рубидия.

Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

65. Даны водные растворы: сульфида натрия, сероводорода, хлорида алюминия и хлора.

Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

66. Даны вещества: алюминий, вода, азотная кислота$_{(разб.\ р\text{-}р)}$, гидроксид натрия$_{(конц.\ р\text{-}р)}$.

Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

67. Даны четыре вещества: оксид серы (VI), вода, концентрированная серная кислота и иодид калия.

Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

68. Даны вещества: углерод, водород, серная кислота$_{(конц.)}$, дихромат калия.

Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

69. Даны вещества: дихромат калия, серная кислота$_{(конц.)}$, фторид натрия, гидроксид рубидия.

Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

70. Даны вещества: оксид серы (IV), кислород, хлорная вода, раствор гидроксида калия$_{(горячий)}$.

Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

71. Даны вещества: сульфид меди (II), кислород, хлор, азотная кислота$_{(конц.)}$, серная кислота$_{(конц.)}$.

Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

72. Даны вещества: хлорид меди (II), кислород, серная кислота$_{(конц.)}$ и иодоводородная кислота.

Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

73. Даны вещества: сульфат марганца (II), перманганат натрия, гидроксид натрия и оксид фосфора (V).

Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

74. Даны водные растворы: сульфида натрия, нитрата алюминия, перманганата калия и соляная кислота$_{(конц.)}$.

Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

75. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

$$C_2H_4Br_2 \xrightarrow{KOH_{(спирт)},\ t^\circ} X_1 \xrightarrow{H_2O,\ Hg^{2+}} X_2 \xrightarrow{KMnO_4,\ H_2SO_4}$$

$$\rightarrow CH_3COOH \xrightarrow{Cl_2,\ свет} X_3 \rightarrow H_2NCH_2COOH.$$

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

$$C_2H_6 \rightarrow C_2H_5NO_2 \rightarrow C_2H_5NH_2 \xrightarrow{+HCl} X_1 \xrightarrow{KOH} X_2 \rightarrow N_2$$

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

$$C_2H_4 \rightarrow C_2H_4Cl_2 \xrightarrow{изб.\ KOH(спирт.),\ t^\circ} X_1 \xrightarrow{t^\circ,\ C_{акт}} X_2 \rightarrow$$

$$\xrightarrow{CH_3Cl,\ AlCl_3} X_3 \xrightarrow{KMnO_4,\ H_2SO_4,\ t^\circ} C_6H_5COOH.$$

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

$$C_2H_4 \rightarrow X_1 \xrightarrow{t^\circ,\ CH_3COOH} \text{этилацетат} \rightarrow CH_3COOK \xrightarrow{KOH_{(тв)},\ t} \rightarrow X_2 \rightarrow CO_2.$$

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

$$CH_3-CH_2-CH(CH_3)_2 \xrightarrow{Br_2,\ h\nu} X_1 \xrightarrow{KOH_{(спирт)},\ t^o} X_2 \xrightarrow{HBr} \xrightarrow{HBr} X_1 \xrightarrow{Na} X_3 \rightarrow CO_2$$

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

$$Al_4C_3 \xrightarrow{H_2O} X_1 \xrightarrow{t} X_2 \rightarrow \text{этаналь} \xrightarrow{KMnO_4,\ H_2O} \rightarrow X_3 \xrightarrow{KOH_{(тв)},\ t} X_1$$

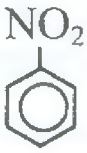
81. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

$$\text{метан} \rightarrow \text{этин} \rightarrow \text{бензол} \xrightarrow{CH_3Cl,\ AlCl_3} X_1 \rightarrow \text{бензойная кислота} \rightarrow \xrightarrow{CH_3OH,\ H^+} X_2$$

82. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

$$X_1 \xrightarrow{Na_2CO_3} \text{ацетат натрия} \rightarrow \text{этан} \rightarrow X_2 \rightarrow \text{этанол} \rightarrow \text{диэтиловый эфир}$$

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

$$\text{циклогексен} \xrightarrow{t,\ кат.} X_1 \rightarrow$$  $$\xrightarrow[кат.]{H_2,\ t} X_2 \xrightarrow{HCl} X_3 \xrightarrow{AgNO_3} X_4$$

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

$$CH_3COOH \rightarrow X_1 \xrightarrow{\text{электролиз}} C_2H_6 \xrightarrow{Cl_2,\ h\nu} X_2 \xrightarrow{NaOH,\ H_2O}$$

$$\rightarrow X_3 \xrightarrow{H_2SO_{4(\text{конц.})},\ t<140\ ^\circ C} X_4$$

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

$$Ca \xrightarrow{1} X_1 \xrightarrow{2} X_2 \xrightarrow{3} \text{этаналь} \xrightarrow{Ag_2O(NH_{3\ p-p})} X_3 \xrightarrow{NaOH} X_4$$

86. Запишите уравнения реакций, отвечающих следующей цепочке превращений веществ:

$$\text{целлюлоза} \rightarrow \text{глюкоза} \rightarrow \text{этанол} \xrightarrow{H_2SO_{4(\text{конц.})},\ t>140^oC} X_1 \rightarrow$$

$\rightarrow$этин $\rightarrow$ бензол.

87. Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

$$CO \rightarrow CH_3OH \rightarrow CH_3COOCH_3 \xrightarrow{NaOH,\ H_2O,\ t} X_1 \rightarrow CH_4 \rightarrow H_2C=O$$

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

$$CO + H_2 \xrightarrow{t;\ p;\ \text{кат.}} X_1 \rightarrow \text{бромметан} \rightarrow \text{этан} \xrightarrow{t,\ Ni} X_2 \xrightarrow{H_2O,\ H^+} X_3$$

89. Напишите уравнения реакций, с помощью которых в лаборатории можно осуществить превращения:

хлорэтан $\rightarrow$ этанол $\rightarrow X_1 \rightarrow$ этановая кислота $\rightarrow X_2 \rightarrow$ метан

90. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

глюкоза $\rightarrow X_1 \rightarrow X_2 \rightarrow$ ацетилен $\rightarrow X_3 \rightarrow$ поливинилхлорид

91. Напишите названия веществ по систематической номенклатуре, обозначенных латинскими буквами X, Y и Z в цепи превращений:

$$\text{метан} \xrightarrow{t=1500^\circ} X_1 \rightarrow \text{ацетальдегид} \rightarrow X_2 \rightarrow$$

$$\rightarrow \text{ацетат натрия} \xrightarrow{\text{электролиз}} X_3$$

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

$$CH_3-CH_2-CHO \xrightarrow{Ag_2O(NH_3+H_2O)} X_1 \xrightarrow{Cl_2,\ h\nu} X_2 \xrightarrow{NaOH_{(\text{спирт.})}}$$

$$\rightarrow X_3 \xrightarrow{CH_3OH,\ H^+} CH_2=CH-C\begin{matrix} \diagup\!\!\!\diagup O \\ \diagdown O-CH_3 \end{matrix} \xrightarrow{\text{полимеризация}}$$

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

$$C_2H_2 \xrightarrow{C_{\text{акт}},600\ ^\circ C} X_1 \rightarrow C_6H_5C_2H_5 \xrightarrow{Br_2,h\nu} X_2 \xrightarrow{t,\ KOH_{(\text{спирт.})}}$$

$$\rightarrow X_3 \xrightarrow{KMnO_4,\ H_2O,\ 0...+20\ ^\circ C} X_4$$

94. Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

$$\text{бромметан} \xrightarrow{NaOH} X_1 \rightarrow \text{метилат натрия} \xrightarrow{H_2SO_4(\text{разб.})} X_2 \rightarrow$$

$$\xrightarrow{H_2SO_4(\text{конц.}),\ t^\circ} X_3 \rightarrow CO_2$$

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

$$C_6H_6 \xrightarrow{C_2H_5Cl,\ AlCl_3,\ t^\circ} X_1 \xrightarrow{KMnO_4,\ H_2SO_4,\ t^\circ} X_2 \xrightarrow{H_2SO_4,\ t^\circ}$$

$$\rightarrow \text{этилбензоат} \rightarrow CO_2 \xrightarrow{t^\circ} CO.$$

96. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

$$X_1 \xrightarrow{CH_3Cl;\ AlCl_3} C_6H_5CH_3 \rightarrow C_6H_5COOH \rightarrow C_6H_5COOCH_3 \rightarrow$$

$$\rightarrow CH_3OH \xrightarrow{H_2SO_4(\text{конц.});\ t<140^\circ} X_2$$

97. Запишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

$$X_1 \xrightarrow{Na} C_2H_6 \rightarrow C_2H_5NO_2 \rightarrow C_2H_5NH_2 \xrightarrow{HCl} X_2 \xrightarrow{KOH} X_3$$

98. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

$$HCOOH \xrightarrow{Cl_2} CO_2 \rightarrow C_6H_5OH \rightarrow C_6H_5ONa \xrightarrow{HCl} X_1 \xrightarrow{HNO_3} X_2$$

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

$$CH_3COOK \rightarrow CH_3COOH \rightarrow \text{этилацетат} \rightarrow \text{ацетат натрия} \xrightarrow{NaOH,\ t}$$

$$\rightarrow X \rightarrow \text{этин.}$$

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

$$CaC_2 \rightarrow \text{этин} \rightarrow \text{этаналь} \xrightarrow{KMnO_4,\ H^+} X_1 \xrightarrow{Cl_2,\ P} X_2 \xrightarrow{NH_3} X_3.$$

101. Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

$$C_6H_6 \xrightarrow{CH_3Cl} X_1 \xrightarrow{KMnO_4,\ H_2SO_4} \text{бензойная кислота} \xrightarrow{H_2SO_4,\ t}$$

$$\rightarrow C_6H_5COOCH_3 \xrightarrow{NaOH} X_2 \xrightarrow{H_2SO_4,\ t} X_3$$

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

$$CH_4 \rightarrow HCHO \xrightarrow{H_2,\ кат.} X_1 \xrightarrow{Na} X_2 \xrightarrow{HCl}$$

$$\rightarrow X_1 \xrightarrow{KMnO_4,\ H_2SO_4,\ t^\circ} X_3$$

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

$$C_2H_5OH \xrightarrow{Al_2O_3,\ 400^\circ} X_1 \xrightarrow{KMnO_4,\ H_2O} X_2 \xrightarrow{HBr(изб.)}$$

$$\rightarrow X_3 \rightarrow этин \rightarrow C_2H_4O.$$

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

$$X_1 \xrightarrow{H_2O,\ Hg^{2+}} (CH_3)_2CO \xrightarrow{H_2,\ кат.} X_2 \rightarrow$$

$$\rightarrow (CH_3)_2CHBr \xrightarrow{KOH_{спиртов.},\ t^\circ} X_3 \rightarrow X_1.$$

II.5. Расчетные задачи

Задания повышенного и высокого уровня сложности

1. Массовая доля углерода в соли, полученной взаимодействием 1 моль оксида углерода (IV) с 1 моль NaOH, составляет _____ %. (Запишите число с точностью до целых.)

2. При полном разложении образца карбида кальция массой 1,8 кг водой образовалось 560 л газообразного вещества (н.у.). Процентное содержание примесей в карбиде кальция равно _____ %. (Запишите число с точностью до целых.)

3. При прокаливании 50 г малахита, содержащего 20 % некарбонатных примесей, образуется углекислый газ объемом (н.у.) _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

4. При взаимодействии 0,4 моль карбида кальция и 7,2 г воды образуется ацетилен (н.у.) объемом _____ л. (Запишите число с точностью до десятых.)

5. Гидрид кальция внесли в избыток раствора соляной кислоты (масса раствора кислоты 150 г, массовая доля HCl 20 %). При этом выделилось 6,72 л (н.у.) водорода. Рассчитайте массовую долю хлорида кальция в полученном растворе.

6. Карбид алюминия обработан 200 г 30-процентного раствора серной кислоты. Выделившийся при этом метан занял объем 4,48 л (н.у.). Рассчитайте массовую долю серной кислоты в полученном растворе.

7. При обработке карбида алюминия раствором соляной кислоты, масса которого 320 г и массовая доля HCl 22 %, выделилось 6,72 л (н.у.) метана. Рассчитайте массовую долю соляной кислоты в полученном растворе.

8. Карбид кальция обработан избытком воды. Выделившийся газ занял объем 4,48 л (н.у.). Рассчитайте, какой объем 20-процентной соляной кислоты плотностью 1,10 г/мл пойдет на полную нейтрализацию щелочи, образовавшейся из карбида кальция.

9. Рассчитайте, какой объем 10 %-ного раствора хлороводорода плотностью 1,05 г/мл пойдет на полную нейтрализацию гидроксида кальция, образовавшегося при гидролизе карбида кальция, если выделившийся при гидролизе газ занял объем 8,96 л (н.у.).

10. Аммиак, выделившийся при кипячении 80 г 14-процентного раствора гидроксида калия с 8,03 г хлорида аммония, растворили в воде. Рассчитайте, сколько миллилитров 5-процентной азотной кислоты плотностью 1,02 г/мл пойдет на нейтрализацию полученного раствора аммиака.

11. Пентахлорид фосфора массой 2,085 г осторожно внесли в 200 г 15-процентного раствора карбоната натрия, при этом не наблюдали выделение газа. Запишите уравнение реакции и рассчитайте массовую долю гидрофосфата натрия в полученном растворе.

12. Смешали 100 мл 15-процентного раствора гидроксида калия (плотностью 1,10 г/мл) и 150 мл 10-процентного раствора соляной кислоты (плотностью 1,05 г/мл). Определите среду полученного раствора и массовую долю хлорида калия в нем.

13. Соединение содержит 0,83 % водорода, 25,83 % фосфора, 53,33 % кислорода и еще один элемент. Установите химическую формулу этого соединения.

14. Соединение содержит 22,11 % натрия, 0,96 % водорода, 46,15 % кислорода и еще один неизвестный элемент. Установите химическую формулу этого соединения.

15. Установите молекулярную формулу алкена, при взаимодействии которого с бромоводородом образуется монобромпроизводное с относительной плотностью по воздуху 4,24.

16. Установите молекулярную формулу монохлоралкана, содержащего 38,38 % хлора.

17. Установите молекулярную формулу одноатомного спирта, содержащего 26,67 % кислорода.

18. При сгорании 9 г предельного амина выделилось 2,24 л азота. Определите молекулярную формулу амина.

19. Определите молекулярную формулу вещества, содержащего 48,65 % углерода, 43,24 % кислорода, 8,11 % водорода и имеющего плотность паров по воздуху 2,55.

20. При взаимодействии 11,6 г предельного альдегида с избытком гидроксида меда (II) при нагревании образовался оксид меди (I) массой 28,8 г. Установите молекулярную формулу альдегида.

21. При взаимодействии 1,74 г алкана с бромом образовалось 4,11 г монобромпроизводного. Определите молекулярную формулу алкана.

22. При взаимодействии одного и того же количества алкена с различными газогеноводородами образуется соответственно 7,85 г хлорпроизводного или 12,3 г бромпроизводного. Определите молекулярную формулу алкена.

Задания на вычисление массы (объема) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества и на установление молекулярной формулы вещества

23. Магний массой 4,8 г растворили в 200 мл 12 %-ного раствора серной кислоты (ρ = 1,05 г/мл). Вычислите массовую долю сульфата магния в конечном растворе.

24. Рассчитайте, какую массу оксида серы (IV) добавили в 2000 мл 8 %-ного раствора серной кислоты (ρ = 1,06 г/мл), если массовая доля серной кислоты стала равной 20 %.

25. Карбонат кальция массой 10 г растворили при нагревании в 150 мл хлороводородной кислоты (ρ = 1,04 г/мл) с массовой долей 9 %. Какова массовая доля хлороводорода в образовавшемся растворе?

26. Смешали 100 мл 30 %-ного раствора хлорной кислоты (ρ = 1,11 г/мл) и 300 мл 20 %-ного раствора гидроксида натрия (ρ = 1,10 г/мл). Сколько миллилитров воды следует добавить к полученной смеси, чтобы массовая доля перхлората натрия в ней составила бы 8 %?

27. Какую массу оксида серы (VI) следует добавить к 500 г 20 %-ного раствора серной кислоты, чтобы увеличить ее массовую долю до 40 %?

28. К 100 мл 5 %-ного раствора соляной кислоты (ρ = 1,02 г/мл) добавили 6,4 г карбида кальция. Сколько миллилитров 15 %-ной азотной кислоты (ρ = 1,08 г/мл) следует добавить к полученной смеси для ее полной нейтрализации?

29. На нейтрализацию 7,6 г смеси муравьиной и уксусной кислот израсходовано 35 мл 20 %-ного раствора гидроксида калия (ρ = 1,20 г/мл). Рассчитайте массу уксусной кислоты и ее массовую долю в исходной смеси кислот.

30. В 60 г 18 %-ной ортофосфорной кислоты растворили 2,84 г оксида фосфата (V) и полученный раствор прокипятили. Какая соль и в каком количестве образуется, если к полученному раствору добавить 30 г гидроксида натрия?

31. Оксид меди (II) массой 16 г обработали 40 мл 50 %-ного раствора серной кислоты (ρ = 1,03 г/см^2). Полученный раствор отфильтровали, фильтрат упарили. Определите массу полученного кристаллогидрата.

32. 5,6 л (н.у.) сероводорода прореагировали без остатка с 59,02 мл 20 %-ного раствора КОН (ρ = 1,186 г/мл). Определите массу соли, полученной в результате этой химической реакции.

33. Аммиак объемом 4,48 л (н.у.) пропустили через 200 г 4,9 %-ного раствора ортофосфорной кислоты. Назовите соль, образующуюся в результате реакции, и определите ее массу.

34. Массовая доля кислорода в одноосновной аминокислоте равна 42,67 %. Установите молекулярную формулу кислоты.

35. При сгорании вторичного амина симметричного строения выделилось 0,896 л (н.у.) углекислого газа, 0,99 г воды и 0,112 л (н.у.) азота. Установите молекулярную формулу этого амина.

36. Установите молекулярную формулу третичного амина, если известно, что при его сгорании выделилось 0,896 л (н.у.) углекислого газа, 0,99 г воды и 0,112 л (н.у.) азота.

37. Определите молекулярную формулу ацетиленого углеводорода, если молярная масса продукта его реакции с избытком бромоводорода в 4 раза больше, чем молярная масса исходного углеводорода.

38. Некоторый сложный эфир массой 7,4 г подвергнут щелочному гидролизу. При этом получено 9,8 г калиевой соли предельной одноосновной кислоты и 3,2 г спирта. Установите молекулярную формулу этого эфира.

39. Установите молекулярную формулу алкина, относительная плотность паров которого по воздуху 1,862.

40. При взаимодействии 22 г предельной одноосновной кислоты с избытком раствора гидроарбоната натрия выделилось 5,6 л (н.у.) газа. Определите молекулярную формулу кислоты.

41. Установите молекулярную формулу алкена, если известно, что 1,5 г его способны присоединить 600 мл (н.у.) хлороводорода.

42. В результате сжигания 1,74 г органического соединения получено 5,58 г смеси CO_2 и H_2O. Количества веществ CO_2 и H_2O в этой смеси оказались равными. Определите молекулярную формулу органического соединения, если относительная плотность его по кислороду равна 1,8125.

43. При взаимодействии 25,5 г предельной одноосновной кислоты с избытком раствора гидрокарбоната натрия выделилось 5,6 л (н.у.) газа. Определите молекулярную формулу кислоты.

44. Установите молекулярную формулу алкена, если известно, что 0,5 г его способны присоединить 200 мл (н.у.) водорода.

ЧАСТЬ III

ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

III.1. Периодический закон и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. Строение атома

1. 3421
2. 3412
3. 3125
4. 2413
5. 3214
6. 2341
7. 3156
8. 5454
9. 1312
10. 6445
11. 5456

III.2. Химическая связь. Строение вещества

1. 3213
2. 4312
3. 3214
4. 4231
5. 3321
6. 4315
7. 5235
8. 4133
9. 2332
10. 2123
11. 6144
12. 1435
13. 5432

III.3. Классификация неорганических и органических веществ. Характерные химические свойства основных классов неорганических и органических соединений

1. 3213
2. 2541
3. 3213
4. 3152
5. 4153
6. 6415
7. 6152
8. 4132
9. 2141
10. 2634
11. 3251
12. 4516
13. 6153
14. 6531
15. 4213
16. 3516
17. 6113
18. 3421
19. 5213
20. 3121
21. 2231
22. 2531
23. 1435
24. 6415

25. 135
26. 124
27. 145
28. 236
29. 123
30. 247
31. 146
32. 345
33. 136

34. 235
35. 357
36. 367
37. 357
38. 245
39. 124
40. 246
41. 245
42. 145
43. 236
44. 2356
45. 1256
46. 1235
47. 24

III.4. Химическая реакция. Классификация химических реакций в неорганической и органической химии. Основные закономерности химических реакций

Реакции ионного обмена. Гидролиз солей

1. 3412	**6.** 2356	**11.** 3462	**16.** 5624
2. 4135	**7.** 2435	**12.** 6532	**17.** 6413
3. 2412	**8.** 1453	**13.** 2365	**18.** 2451
4. 5142	**9.** 5624	**14.** 3214	**19.** 3451
5. 6123	**10.** 6531	**15.** 2346	**20.** 2112
21. 1211	**26.** 1233	**31.** 2113	**36.** 1212
22. 1221	**27.** 2132	**32.** 2131	**37.** 1324
23. 2211	**28.** 3241	**33.** 2331	
24. 1122	**29.** 1245	**34.** 1352	
25. 2121	**30.** 3142	**35.** 2211	

Окислительно-восстановительные реакции. Электролиз расплавов и растворов солей

38. 1345	**43.** 2436
39. 2412	**44.** 4356
40. 4123	
41. 1513	
42. 3313	

Ответы (решения) к заданиям высокого уровня сложности

45.

1) Составлен электронный баланс:

$1 \left| I_2^0 + 2\bar{e} \rightarrow 2I^{-1} \right.$

$1 \left| S^{+4} - 2\bar{e} \rightarrow S^{+6} \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$I_2 + K_2SO_3 + 2KOH = 2KI + K_2SO_4 + H_2O$

3) Указано, что сера в степени окисления +4 является восстановителем, а иод в степени окисления 0 – окислителем.

46.

1) Составлен электронный баланс:

$3 \left| P^0 - 5e \rightarrow P^{+5} \right.$

$5 \left| N^{+5} + 3e \rightarrow N^{+2} \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$3P + 5HNO_3 + 2H_2O = 3H_3PO_4 + 5NO$

3) Указано, что фосфор в степени окисления 0 является восстановителем, а азот +5 (или азотная кислота за счет азота +5) - окислителем.

47.

1) Составлен электронный баланс:

$6 \left| P^0 - 5e \rightarrow P^{+5} \right.$

$5 \left| Cl^{+5} + 6e \rightarrow Cl^{-1} \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$6P + 5KClO_3 \xrightarrow{t^\circ} 5KCl + 3P_2O_5$

3) Указано, что фосфор в степени окисления 0 является восстановителем, а хлор в степени окисления +5 (или хлорат калия за счет хлора в степени окисления +5) – окислителем.

48.

1) Составлен электронный баланс:

$1 \left| P^0 - 5e \rightarrow P^{+5} \right.$

$5 \left| N^{+5} + e \rightarrow N^{+4} \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$P + 5HNO_3 = H_3PO_4 + 5NO_2 + H_2O$

3) Указано, что фосфор в степени окисления 0 является восстановителем, а азот в степени окисления +5 (или азотная кислота за счет азота в степени окисления +5) - окислителем.

49.

1) Составлен электронный баланс:

$1 \left| P^{-3} - 8e \rightarrow P^{+5} \right.$

$8 \left| N^{+5} + 1e \rightarrow N^{+4} \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$PH_3 + 8HNO_{3(конц.)} = H_3PO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$

3) Указано, что фосфор в степени окисления –3 (или PH_3) является восстановителем, а азот в степени окисления +5 (или $HNO_{3(конц.)}$) - окислителем.

50.

1) Составлен электронный баланс:

$3 \left| P^{-3} - 8\bar{e} \rightarrow P^{+5} \right.$

$4 \left| Cl^{+5} + 6\bar{e} \rightarrow Cl^{-1} \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$3PH_3 + 4HClO_3 = 3H_3PO_4 + 4HCl$

3) Указано, что фосфор в степени окисления –3 (или фосфин за счет фосфора –3) является восстановителем, а хлор в степени окисления +5 (или хлорноватая кислота за счет хлора +5) – окислителем.

51.

1) Составлен электронный баланс:

$3 \left| P^{-3} - 8\bar{e} \rightarrow P^{+5} \right.$

$8 \left| Mn^{+7} + 3\bar{e} \rightarrow Mn^{+4} \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$3PH_3 + 8HMnO_4 = 3H_3PO_4 + 8MnO_2 + 4H_2O$

3) Указано, что фосфор в степени окисления –3 (или фосфин за счет фосфора –3) является восстановителем, а марганец в степени окисления +7 (или марганцевая кислота за счет марганца +7) – окислителем.

52.

1) Составлен электронный баланс:

$2 \left| N^{+2} - 3\bar{e} \rightarrow N^{+5} \right.$

$3 \left| Cl^{+1} + 2\bar{e} \rightarrow Cl^{-1} \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$2NO + 3KClO + 2KOH = 2KNO_3 + 3KCl + H_2O$

3) Указано, что азот в степени окисления +2 (или оксид азота за счет азота +2) является восстановителем, а хлор в степени окисления +1 (или гипохлорит калия за счет хлора +1) – окислителем.

53.

1) Составлен электронный баланс:

$2 \left| N^{+2} + 1\bar{e} \rightarrow N^{+2} \right.$

$1 \left| 2I^{-1} - 2\bar{e} \rightarrow I_2^0 \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$2KNO_2 + 2KI + 2H_2SO_4 = I_2 + 2NO + 2K_2SO_4 + 2H_2O$

3) Указано, что ион в степени окисления –1 является восстановителем, а азот в степени окисления +3 (или нитрит калия за счет азота в степени окисления +3) – окислителем.

54.

1) Составлен электронный баланс:

$1 \left| P^{-3} - 8\bar{e} \rightarrow P^{+5} \right.$

$8 \left| Ag^{+} + 1\bar{e} \rightarrow Ag^{0} \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$PH_3 + 8AgNO_3 + 4H_2O = 8Ag + H_3PO_4 + 8HNO_3$

3) Указано, что фосфор в степени окисления –3 (или фосфин за счет фосфора в степени окисления –3) является восстановителем, а серебро в степени окисления +1 (или нитрат серебра за счет серебра в степени окисления +1) – окислителем.

55.

1) Составлен электронный баланс:

$5 \left| S^{-2} - 2\bar{e} \rightarrow S^{0} \right.$

$2 \left| Mn^{+7} + 5\bar{e} \rightarrow Mn^{+2} \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$2KMnO_4 + 5H_2S + 3H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 5S + K_2SO_4 + 8H_2O$

3) Указано, что сера в степени окисления –2 (или сероводород за счет серы в степени окисления –2) является восстановителем, а марганец в степени окисления +7 – окислителем.

56.

1) Составлен электронный баланс:

$5 \left| 2Br^{-} - 2\bar{e} \rightarrow Br_2^{0} \right.$

$2 \left| Mn^{+7} + 5\bar{e} \rightarrow Mn^{+2} \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$2KMnO_4 + 10KBr + 8H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 5Br_2 + 6K_2SO_4 + 8H_2O$

3) Указано, что бром в степени окисления –1 (или бромид калия за счет брома в степени окисления –1) является восстановителем, а марганец в степени окисления +7 (или перманганат калия за счет марганца в степени окисления +7) – окислителем.

57.

1) Составлен электронный баланс:

$3 \mid S^{-2} - 2\bar{e} \rightarrow S^{0}$

$2 \mid Mn^{+7} + 3\bar{e} \rightarrow Mn^{+4}$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$3H_2S + 2HMnO_4 = 3S + 2MnO_2 + 4H_2O$

3) Указано, что сера в степени окисления –2 (или сероводород за счет серы –2) является восстановителем, а марганец в степени окисления +7 (или марганцевая кислота за счет марганца +7) – окислителем.

58.

1) Составлен электронный баланс:

$3 \mid S^{-2} - 2\bar{e} \rightarrow S^{0}$

$1 \mid Cl^{+5} + 6\bar{e} \rightarrow Cl^{-1}$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$3H_2S + HClO_3 = 3S + HCl + 3H_2O$

3) Указано, что сера в степени окисления –2 (или сероводород за счет серы –2) является восстановителем, а хлор в степени окисления +5 (или хлорноватая кислота за счет хлора +5) – окислителем.

59.

1) Составлен электронный баланс:

$8 \mid N^{+2} - 3\bar{e} \rightarrow N^{+5}$

$3 \mid Cl^{+7} + 8\bar{e} \rightarrow Cl^{-1}$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$8NO + 3HClO_4 + 4H_2O = 8HNO_3 + 3HCl$

3) Указано, что азот в степени окисления +2 (или оксид азота за счет азота +2) является восстановителем, а хлор в степени окисления +7 (или хлорная кислота за счет хлора +7) – окислителем.

60.

1) Составлен электронный баланс:

$1 \left| S^{+4} - 2\bar{e} \rightarrow S^{+6} \right.$

$1 \left| Cl_2 + 2\bar{e} \rightarrow 2Cl^- \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$Na_2SO_3 + Cl_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HCl$

3) Указано, что сера +4 (или сульфит натрия за счет серы +4) является восстановителем, а хлор – окислителем.

61.

1) Составлен электронный баланс:

$2 \left| Mn^{+7} + 3\bar{e} \rightarrow Mn^{+4} \right.$

$3 \left| Mn^{+2} - 2\bar{e} \rightarrow Mn^{+4} \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$2KMnO_4 + 3MnSO_4 + 2H_2O = 5MnO_2 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4$

3) Указано, что $MnSO_4$ является восстановителем (за счет марганца со степенью окисления +2), а $KMnO_4$ – окислителем (за счет марганца со степенью окисления +7).

62.

1) Составлен электронный баланс:

$2 \left| Mn^{+7} + 3\bar{e} \rightarrow Mn^{+4} \right.$

$3 \left| N^{+3} - 2\bar{e} \rightarrow N^{+5} \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$3KNO_2 + 2KMnO_4 + H_2O = 3KNO_3 + 2MnO_2 + 2KOH$

3) Указано, что азот в степени окисления +3 является восстановителем, а марганец в степени окисления +7 (или перманганат калия за счет марганца в степени окисления +7) – окислителем.

63.

1) Составлен электронный баланс:

$3 \left| N^{+5} + 2\bar{e} \rightarrow N^{+3} \right.$

$1 \left| 2Cr^{+3} - 6\bar{e} \rightarrow 2Cr^{+6} \right.$

2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:

$Cr_2O_3 + 3KNO_3 + 4KOH \rightarrow 3KNO_2 + 2K_2CrO_4 + 2H_2O$

3) Указано, что хром в степени окисления +3 является восстановителем, а азот в степени окисления +5 (или нитрат калия за счет азота в степени окисления +5) – окислителем.

64.

1) $K_3[Al(OH)_6] + AlCl_3 = 2Al(OH)_3\downarrow + 3KCl$

2) $K_3[Al(OH)_6] + 3H_2S = Al(OH)_3\downarrow + 3KHS + 3H_2O$

3) $AlCl_3 + 3RbOH = Al(OH)_3\downarrow + 3RbCl$

4) $H_2S + 2RbOH = Rb_2S + 2H_2O$

65.

1) $Na_2S + H_2S = 2NaHS$

2) $3Na_2S + 2AlCl_3 + 6H_2O = 3H_2O\uparrow + 2Al(OH)_3\downarrow + 6NaCl$

3) $Na_2S + Cl_2 = 2NaCl + S\downarrow$

4) $H_2S + Cl_2 = 2HCl + S\downarrow$

66.

1) $2Al_{(амальгам.)} + 6H_2O = 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2\uparrow$

2) $8Al + 30HNO_3 = 8Al(NO_3)_3 + 3NH_4NO_3 + 9H_2O$

(допустимо образование других продуктов восстановления азотной кислоты, кроме NO_2)

3) $2Al + 2NaOH + 6H_2O = 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow$

(допустимо образование $Na_3[Al(OH)_6]$)

4) $NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$

67.

1) $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

2) $SO_3 + H_2SO_4 = H_2S_2O_7$

3) $2SO_3 + 2KI = I_2 + SO_2 + K_2SO_4$

4) $9H_2SO_4 + 8KI = H_2S + 4I_2 + 8KHSO_4 + 4H_2O$

68.

1) $C + 2H_2SO_{4(конц.)} = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$

2) $3C + 8H_2SO_4 + 2K_2Cr_2O_7 = 3CO_2 + 2Cr_2(SO_4)_3 + 2K_2SO_4 + 8H_2O$

3) $C + 2H_2 = CH_4$

4) $K_2Cr_2O_7 + 2H_2SO_4 = 2KHSO_4 + 2CrO_3 + H_2O$

69.

1) $K_2Cr_2O_7 + 2H_2SO_4 = 2CrO_3 + 2KHSO_4 + H_2O$

2) $K_2Cr_2O_7 + 2RbOH = Rb_2CrO_4 + K_2CrO_4 + H_2O$

3) $NaF + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HF$

4) $H_2SO_4 + 2RbOH = Rb_2SO_4 + 2H_2O$

70.

1) $2SO_2 + O_2 \overset{t^\circ,\ кат.}{=} 2SO_3$

2) $SO_2 + Cl_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HCl$

3) $SO_2 + KOH = KHSO_3 + H_2O$

(возможно: $SO_2 + 2KOH = K_2SO_3 + H_2O$)

4) $3Cl_2 + 6KOH_{(гор)} \overset{t^\circ}{=} 5KCl + KClO_3 + 3H_2O$

71.

1) $CuS + 4H_2SO_{4(конц.)} = CuSO_4 + 4SO_2\uparrow + 4H_2O$

(допустимо образование серы)

2) $CuS + 8HNO_{3(конц.)} = CuSO_4 + 8NO_2\uparrow + 4H_2O$

(допустимо образование серы)

3) $2CuS + 3O_2 = 2CuO + 2SO_2$

4) $2CuS + 3Cl_2 = 2CuCl_2 + S_2Cl_2$

72.

1) $CuCl_2 + H_2SO_4 = CuSO_4 + 2HCl\uparrow$

2) $2CuCl_2 + 4HI = 2CuI\downarrow + I_2 + 4HCl$

3) $O_2 + 4HI = 2I_2 + 2H_2O$

4) $H_2SO_4 + 2HI = SO_2 + I_2 + 2H_2O$

73.

1) $2NaMnO_4 + 3MnSO_4 + 2H_2O = 5MnO_2 + Na_2SO_4 + 2H_2SO_4$
2) $MnSO_4 + 2NaOH = Mn(OH)_2 + Na_2SO_4$
3) $4NaMnO_4 + 4NaOH = 4Na_2MnO_4 + O_2 + 2H_2O$
4) $6NaOH + P_2O_5 = 2Na_3PO_4 + 3H_2O$

74. Приведены четыре уравнения возможных реакций:

1) $3Na_2S + 2Al(NO_3)_3 + 6H_2O = 6NaNO_3 + 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow$
2) $3Na_2S + 2KMnO_4 + 4H_2O = 3S\downarrow + 2MnO_2 + 6NaOH + 2KOH$
3) $2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O$
4) $Na_2S + 2HCl = 2HCl + H_2S\uparrow$

75.

1) $CH_2Br - CH_2Br + 2KOH_{(спиртов.)} \xrightarrow{t^\circ} C_2H_2 + 2KBr + 2H_2O$

2) $C_2H_2 + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+}} CH_3CHO$

3) $5CH_3CHO + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + K_2SO_4 +$
$+ 2MnSO_4 + 3H_2O$

4) $CH_3COOH + Cl_2 \xrightarrow{свет} CH_2Cl - COOH + HCl$

5) $CH_2Cl–COOH + 2NH_3 \rightarrow H_2N–CH_2–COOH + NH_4Cl$

76. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

$C_2H_6 + HONO_2 \xrightarrow{t^\circ} C_2H_5NO_2 + H_2O$

$C_2H_5NH_2 + 3H_2 \xrightarrow{t^\circ, кат.} C_2H_5NH_2 + 2H_2O$

$C_2H_5NH_2 + HCl \rightarrow [C_2H_5NH_3]^+Cl^-$

$[C_2H_5NH_3]^+Cl^- + KOH \rightarrow KCl + C_2H_5NH_2 + H_2O$

$4C_2H_5NH_2 + 15O_2 \rightarrow 8CO_2 + 2N_2 + 14H_2O$

77.

1) $C_2H_4 + Cl_2 \rightarrow C_2H_4Cl_2$

2) $C_2H_4Cl_2 + 2KOH_{(спирт.)} \xrightarrow{t^\circ} C_2H_2 + 2KCl + 2H_2O$

3) $3C_2H_2 \xrightarrow{t^\circ, C_{акт.}} C_6H_6$

4) $C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5CH_3 + HCl$

5) $5C_6H_5{-}CH_3 + 6KMnO_4 + 9H_2SO_4 \rightarrow 5C_6H_5{-}COOH + 6MnSO_4 + 3K_2SO_4 + 14H_2O$

78.

1) $C_2H_4 + H_2O \xrightarrow{H^+} C_2H_5OH$

2) $C_2H_5OH + CH_3COOH \xrightarrow{H^+, t^\circ} CH_3COOC_2H_5 + H_2O$

3) $CH_3COOC_2H_5 + KOH \xrightarrow{t^\circ} CH_3COOK + C_2H_5OH$

4) $CH_3COOK_{(тв)} + KOH_{(тв)} \xrightarrow{t^\circ} CH_4\uparrow + K_2CO_3$

5) $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$

79. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $CH_3{-}CH_2{-}\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{CH}{-}CH_3 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3{-}CH_2{-}\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{CBr}{-}CH_3 + HBr$

2) $CH_3{-}CH_2{-}\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{CBr}{-}CH_3 + KOH \xrightarrow{спирт} CH_3{-}CH = \overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}{-}CH_3 + KBr + H_2O$

3) $CH_3{-}CH{=}\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}{-}CH_3 + HBr \rightarrow CH_3{-}CH_2{-}\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{CBr}{-}CH_3$

$$4)\ 2CH_3{-}CH_2{-}\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}Br{-}CH_3+2Na \rightarrow CH_3{-}CH_2{-}\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}}{-}CH_3+2NaBr$$

5) $2C_{10}H_{22}+31O_2 \rightarrow 20CO_2+22H_2O$

80. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $Al_4C_3+12H_2O \rightarrow 4Al(OH)_3+3CH_4\uparrow$

2) $2CH_4 \xrightarrow{t} C_2H_2+3H_2\uparrow$

3) $C_2H_2+H_2O \xrightarrow{t^o;Hg^{2+};H^+} CH_3CHO$

4) $3CH_3CHO+2KMnO_4 \rightarrow 2CH_3COOK+CH_3COOH+2MnO_2+H_2O$

5) $2CH_3COOK+KOH \xrightarrow{t^o} CH_4\uparrow+K_2CO_3$

81. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $2CH_4 \xrightarrow{t=1500^o} C_2H_2+3H_2$

2) $3C_2H_2 \xrightarrow{t,C_{акт}} C_6H_6$

3) $C_6H_6+CH_3Cl \rightarrow C_6H_5CH_3+HCl$

4) $5CH_5CH_3+6KMnO_4+9H_2CO_4 \rightarrow$
$\rightarrow 5C_6H_5COOH+6MnSO_4+3K_2SO_4+14H_2O$

5) $C_6H_5COOH+CH_3OH \xrightarrow{H^+} C_6H_5COOCH_3+H_2O$

82. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $2CH_3COOH+Na_2CO_3 \rightarrow 2CH_3COONa+H_2O+CO_2\uparrow$

2) $2CH_3COONa+2H_2O \xrightarrow{электролиз} CH_3CH_3+2CO_2+2NaOH+H_2\uparrow$

3) а) $CH_3CH_3 \xrightarrow{t,Pt} CH_2{=}CH_2+H_2$ или
б) $CH_3CH_3+Cl_2 \xrightarrow{свет} CH_3CH_2Cl+HCl$

4) а) $CH_2{=}CH_2+H_2O \xrightarrow{t,H_3PO_4} CH_3CH_2OH$ или
б) $CH_3CH_2Cl+KOH_{(водн.\ р\text{-}р)} \rightarrow CH_3CH_2OH+KCl$

5) $2CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3CH_2OCH_2CH_3+H_2O$

83. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1)

2) $C_6H_6+HNO_3 \xrightarrow{H^+} C_6H_5–NO_2+H_2O$

3) $C_6H_5–NO_2+3H_2 \xrightarrow{t} C_6H_5–NH_2+2H_2O$

4) $C_6H_5–NH_2+HCl \rightarrow [C_6H_5NH_3]^+Cl^-$

5) $[C_6H_5–NH_3]^+Cl^-+AgNO_3 \rightarrow [C_6H_5NH_3]^+ NO_3^-+AgCl$

84. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $2CH_3COOH+2Na \rightarrow 2CH_3COONa+H_2\uparrow$

или

$CH_3COOH+NaOH \rightarrow CH_3COONa+H_2O$

2) $2CH_3COONa+2H_2O \rightarrow C_2H_6+2NaHCO_3+H_2\uparrow$

3) $C_2H_6+Cl_2 \xrightarrow{свет} C_2H_5Cl+HCl$

4) $C_2H_5Cl+NaOH \xrightarrow{H_2O} C_2H_5OH+NaCl$

5) $2C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_{4(конц.)},\ t<140^oC} C_2H_5–O–C_2H_5+H_2O$

85. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $Ca+2C \xrightarrow{t^o} CaC_2$

2) $CaC_2+2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2+C_2H_2$

3) $CaC_2+H_2O \xrightarrow{t^o,\ Hg^{2+},\ H^+} CH_3CHO$

4) $CH_3CHO+Ag_2O+NH_3 \xrightarrow{H_2O} CH_3COONH_4+2Ag$

или

$CH_3CHO+2[Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t^o} CH_3COONH_4+2Ag+3NH_3+H_2O$

5) $CH_3COONH_4+NaOH \rightarrow CH_3COONa+NH_3+H_2O$

86. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$

2) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{дрожжи} 2CO_2 + 2C_2H_5OH$

3) $CH_3–CH_2OH \xrightarrow{H_2SO_4,\ t>140^oC} CH_2=CH_2+H_2O$

4) $CH_2=CH_2 \xrightarrow{t} CH\equiv CH+H_2$

5) $3CH\equiv CH \xrightarrow{t,\ C_{акт.}} C_6H_6$

87. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $CO+2H_2 \xrightarrow{t,\ P_{кат.}} CH_3OH$

2) $CH_3OH+CH_3COOH \xrightarrow{H^+,\ t} CH_3COOCH_3+H_2O$

3) $CH_3COOCH_3+NaOH \xrightarrow{t} CH_3COONa+CH_3OH$

4) $CH_3COONa_{(ТВ)}+NaOH_{(ТВ)} \xrightarrow{t} CH_4\uparrow+Na_2CO_3$

5) $CH_4+O_2 \xrightarrow{t,\ kat.} H_2C=O+H_2O$

88. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $CO+2H_2 \xrightarrow{t,\ p,\ kat.} CH_3OH$

2) $CH_3OH+HBr \xrightarrow{H_2SO_4,\ t} CH_3Br+H_2O$

3) $2CH_3Br+2Na \xrightarrow{t} C_2H_6+2NaBr$

4) $C_2H_6 \xrightarrow{t} C_2H_4+H_2$

5) $C_2H_4+H_2O \xrightarrow{t,\ kat.} C_2H_5OH$

89. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $C_2H_5Cl+NaOH \xrightarrow{t} C_2H_5OH+NaCl$

2) $C_2H_5OH+\frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{кат.} CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H+H_2O$

3) $CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H+2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} CH_3COOH+Cu_2O+2H_2O$

4) $CH_3COOH+NaOH \rightarrow CH_3COONa+H_2O$

5) $CH_3COONa+NaOH \xrightarrow{t} CH_4+Na_2CO_3$

90. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{дрожжи}} 2C_2H_5OH+2CO_2$

2) $C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_{4(\text{конц.})};\ t>140^\circ} C_2H_4+H_2O$

3) $C_2H_4 \xrightarrow{t} C_2H_2+H_2$

4) $C_2H_2 + HCl \rightarrow CH_2 = CH - Cl$

5) $nCH_2{=}CHCl \xrightarrow{\text{инициатор}} (-CH_2-\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}-)_n$

91. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $2CH_4 \xrightarrow{t=1500^\circ} C_2H_2+3H_2$

2) $C_2H_2+H_2O \xrightarrow{Hg^{2+};\ H^+;\ t^\circ} CH_3CHO$

3) $CH_3CHO+2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} CH_3COOH+Cu_2O+2H_2O$

4) $2CH_3COOH+2Na \rightarrow 2CH_3COONa+H_2$

5) $2CH_3COONa+2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} C_2H_6+2CO_2+2NaOH+H_2$

92. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $CH_3-CH_2-CH{=}O \xrightarrow{Ag_2O+NH_3\cdot H_2O} CH_3-CH_2-COOH$

2) $CH_3-CH_2-COOH \xrightarrow{Cl_2,\ h\nu} CH_3-CHCl-COOH$

3) $CH_3-CHCl-COOH \xrightarrow{NaOH_{(\text{спирт})}} CH_2{=}CH-COOH+NaCl+H_2O$

4) $CH_2{=}CH-COOH+CH_3OH \underset{}{\overset{H^+}{\rightleftarrows}} CH_2{=}CH-CO-CH_3+H_2O$

5) $CH_2{=}CH-CO-CH_3 \rightarrow (-CH_2-\underset{\underset{O=C-O-CH_3}{|}}{CH}-)_n$

93. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $3C_2H_2 \xrightarrow{C,\ t} C_6H_6$

2) $C_6H_6+C_2H_5Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5C_2H_5+HCl$

3) $C_6H_5C_2H_5+Br_2 \xrightarrow{h\nu} C_6H_5-CHBr-CH_3+HBr$

4) $C_6H_5–CHBr–CH_3+KOH \xrightarrow{\text{спирт, t}} C_6H_5CH=CH_2+KBr+H_2O$

5) $3C_6H_5CH=CH_2+2KMnO_4+4H_2O \rightarrow$

$\rightarrow 3C_6H_5CH(OH)–CH_2OH+2MnO_2+2KOH$

94. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $CH_3Br+NaOH \rightarrow CH_3OH+NaBr$

2) $2CH_3OH+2Na \rightarrow 2CH_3ONa+H_2$

3) $2CH_3ONa+H_2SO_4 \rightarrow 2CH_3OH+Na_2SO_4$

4) $2CH_3OH \xrightarrow{H_2SO_{4(\text{конц.})},\ t<140^\circ} (CH_3)_2O+H_2O$

5) $(CH_3)_2O+3O_2 \rightarrow 2CO_2+3H_2O$

95. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $C_6H_6+C_2H_5Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5C_2H_5+HCl$

2) $5C_6H_5C_2H_5+12KMnO_4+18H_2SO_4 \rightarrow 5C_6H_5COOH+28H_2O+$
$+12MnSO_4+5CO_2+6K_2SO_4$

3) $C_6H_5COOH+C_2H_5OH \xrightarrow{t^\circ,\ H_2SO_4} C_6H_5COOC_2H_5+H_2O$

4) $C_6H_5COOC_2H_5+21O_2 \rightarrow 18CO_2+10H_2O$

5) $CO_2+C \xrightarrow{t^\circ} 2CO$

96. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $C_6H_6+CH_3Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5CH_3+HCl$

2) $5C_6H_5CH_3+6KMnO_4+9H_2SO_4 \xrightarrow{t^\circ} 5C_6H_5COOH+3K_2SO_4+14H_2O$

3) $C_6H_5COOH+CH_3OH \xrightarrow{t^\circ,\ H_2SO_4} C_6H_5COOCH_3+H_2O$

4) $C_6H_5COOCH_3+NaOH \xrightarrow{t^\circ} C_6H_5COONa+CH_3OH$

5) $2CH_3OH \xrightarrow{H_2SO_4,\ t^\circ<140^\circ} CH_3–O–CH_3+H_2O$

97. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $2CH_3Cl+2Na \rightarrow CH_3–CH_3+2NaCl$

2) $C_2H_6+HONO_2 \xrightarrow{t} C_2H_5NO_2+H_2O$

3) $C_2H_5NO_2+3H_2 \xrightarrow{t,\ \text{кат}} C_2H_5NH_2+2H_2O$

4) $C_2H_5NH_2+HCl \rightarrow [C_2H_5NH_3]^+Cl^-$

5) $[C_2H_5NH_3]^+Cl^-+KOH \rightarrow C_2H_5NH_2+KCl+H_2O$

98. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $HCOOH + Cl_2 \rightarrow 2HCl + CO_2$

2) $CO_2 + C_6H_5ONa + H_2O \rightarrow NaHCO_3 + C_6H_5OH$

3) $C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + H_2O$

или

$2C_6H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_6H_5ONa + H_2$

4) $C_6H_5ONa + HCl \rightarrow C_6H_5OH + NaCl$

5) $C_6H_5OH + 3HNO_3 \rightarrow C_6H_2(NO_2)_3(OH) + 3H_2O$

99. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $CH_3COOK + H_2SO_4 \xrightarrow{t^\circ} CH_3COOH\uparrow + KHSO_4$

2) $CH_3COOH + C_2H_5OH \xrightarrow{t^\circ,\ H_2SO_4} CH_3COOC_2H_5 + H_2O$

3) $CH_3COOC_2H_5 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH$

4) $CH_3COONa + NaOH \xrightarrow{t^\circ} Na_2CO_3 + CH_4\uparrow$

5) $2CH_4 \xrightarrow{t^\circ} C_2H_2 + 3H_2$

100. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2\uparrow$

2) $C_2H_2 + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+},\ H_2SO_4,\ t} CH_3CHO$

3) $5CH_3CHO + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow$

$\rightarrow 5CH_3COOH + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O$

4) $CH_3COOH + Cl_2 \xrightarrow{P} ClCH_2COOH + HCl$

5) $ClCH_2COOH + 2NH_3 \rightarrow NH_2CH_2COOH + NH_4Cl$

101. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5CH_3 + HCl$

2) $5C_6H_5CH_3 + 6KMnO_4 + 5H_2SO_4 \xrightarrow{t^\circ} 5C_6H_6COOH +$
$+6MnSO_4 + 3K_2SO_4 + 14H_2O$

3) $C_6H_5COOH + CH_3OH \xrightarrow{t^\circ, H_2SO_4} C_6H_5COOCH_3 + H_2O$

4) $C_6H_5COOCH_3 + NaOH \xrightarrow{t^\circ} C_6H_5COONa + CH_3OH$

5) $2CH_3OH \xrightarrow{t^\circ, H_2SO_4} CH_3 - O - CH_3 + H_2O$

102. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $CH_4 + O_2 \xrightarrow{t^\circ, кат.} HCHO + H_2O$

2) $HCHO + H_2 \xrightarrow{кат.} CH_3OH$

3) $2CH_3OH + 2Na \rightarrow 2CH_3ONa + H_2$

4) $CH_3ONa + HCl \rightarrow CH_3OH + NaCl$

5) $5CH_3OH + 6KMnO_4 + 9H_2SO_4 \xrightarrow{t^\circ} 5CO_2 + 19H_2O +$
$+6MnSO_4 + 3K_2SO_4$

103. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $C_2H_5OH \xrightarrow{Al_2O_3, 400^\circ,} C_2H_4 + H_2O$

2) $3C_2H_4 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3C_2H_4(OH)_2 + 2MnO_2 + 2KOH$

3) $C_2H_4(OH)_2 + 2HBr \rightarrow C_2H_4Br_2 + 2H_2O$

4) $C_2H_4Br_2 + 2KOH_{(спирт)} \rightarrow CH \equiv CH + 2H_2O + 2KBr$

5) $CH \equiv CH + H_2O \xrightarrow{HgSO_4} CH_3 - CHO$

104. Приведены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

1) $CH_3-C\equiv CH + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+}} (CH_3)_2CO$

2) $(CH_3)_2CO + H_2 \xrightarrow{H_2,\ кат.} (CH_3)_2CH-OH$

3) $(CH_3)_2CH–OH + HBr \rightarrow (CH_3)_2CH–Br + H_2O$

4) $(CH_3)_2CH–Br + KOH_{(спирт)} \rightarrow CH_3–CH=CH_2 + KBr + H_2O$

5) $CH_3-CH=CH_2 \xrightarrow{t^\circ,\ кат.} CH_3-C\equiv CH + H_2$

III.5. Расчетные задачи

Ответы на расчетные задачи с кратким ответом

1. 15 %
2. 11 %
3. 4 л %
4. 4,48 л
5. 10,7 %
6. 10,1 %
7. 8,1 %
8. 66,4 мл
9. 278,1 мл
10. 185,3 мл
11. 0,7 %
12. 8,1 %
13. $MgHPO_4$
14. $NaHSO_3$
15. C_3H_6
16. C_4H_9Cl
17. C_3H_7OH
18. $C_2H_5NH_2$
19. $C_3H_6O_2$
20. C_2H_5COH
21. C_4H_{10}
22. C_3H_6

Решение заданий с развернутым ответом

23.

1) Составлено уравнение химической реакции:

$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2\uparrow$

2) Рассчитаны массы веществ, полученных в ходе реакции:

$n(Mg) = n(MgSO_4) = n(H_2) = m(Mg)/M(Mg) = 4,8/24 = 0,2$ моль

$n(H_2SO_4) = 1,05 \cdot 200 \cdot 0,12/98 = 0,26$ моль - в избытке, $m(MgSO_4) = n(MgSO_4) \cdot M(MgSO_4) = 0,2 \cdot 120 = 24$ г

$m(H_2) = n(H_2) \cdot M(H_2) = 0,2 \cdot 2 = 0,4$ г

3) Рассчитана масса раствора:

$m_1(\text{раствора}) = \rho \cdot V(H_2SO_4) = 1,05 \cdot 200 = 210$ г

$m_2(\text{раствора}) = m_1(\text{раствора}) + m(Mg) - m(H_2) =$

$= 210 + 4,8 - 0,4 = 214,4$ г

4) Найдена массовая доля $MgSO_4$:

$\omega(MgSO_4) = m(MgSO_4)/m_2(\text{раствора}) = 24/14,4 = 0,112$ или 11,2 %.

24.

1) Составлено уравнение химической реакции:

$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

2) Рассчитана масса исходного раствора серной кислоты и масса H_2SO_4 в нем:

$m_1(\text{раствора}) = V(H_2SO_4) \cdot \rho = 2000 \cdot 1,06 = 2120$ г

$m(H_2SO_4) = \omega(H_2SO_4) \cdot m_1(\text{раствора}) = 0,08 \cdot 2120 = 169,6$ г

3) Составлено уравнение для расчета искомой массы оксида серы (VI):

Пусть масса SO_3 равна X г, тогда

$m_2(\text{раствора}) = m_1(\text{раствора}) + m(SO_3) = 2120 + X$ (г)

$m_2(H_2SO_4) = m_1(H_2SO_4) + X/M(SO_3) \cdot M(H_2SO_4) =$

$= 169,6 + X/80 \cdot 98 = 169,6 + 1,225X$ (г)

$\omega(H_2SO_4) = m_2(H_2SO_4)/m_2(\text{раствора})$

$0,2 = (169,6 + 1,225X)/2120 + X)$

4) Решением уравнения найдена масса оксида серы (VI):

$m(SO_3) = X = 248,2$ г

25.

1) Составлено уравнение химической реакции:

$CaCO_3 + 2HCl = H_2O + CaCl_2\uparrow$

2) Рассчитаны количества веществ реагентов и сделан вывод об избытке хлороводорода:

$n(HCl)_{исх.} = 150 \cdot 1,04 \cdot 0,09/36,5 = 0,384$ моль – в избытке

$n(CaCO_3) = 10/100 = 0,1$ моль

$n(HCl)_{прореаг.} = 2n(CaCO_3) = 0,2$ моль.

3) Рассчитана масса раствора с учетом массы выделившегося углекислого газа):

$n(CO_2) = n(CaCO_3) = 0,1$ моль

$m(CO_2) = 0,1 \cdot 44 = 4,4$ г

$m_{р\text{-}ра} = 150 \cdot 1,04 + 10 - 4,4 = 161,6$ г

4) Рассчитана массовая доля хлороводорода:

$n(HCl)_{изб.} = 0,385 - 0,2 = 0,185$ моль

$m(HCl)_{изб.} = 0,185 \cdot 36,5 = 6,75$ г

$\omega(HCl) = 6,75/161,6 = 0,042$ или 4,2 %

26.

1) Записано уравнение реакции:

$HClO_4 + NaOH = NaClO_4 + H_2O$

2) Рассчитаны количества веществ реагентов и сделан вывод об избытке кислоты:

$n(NaOH) = 300 \cdot 1,1 \cdot 0,2/40 = 1,65$ моль – в избытке

$n(HClO_4) = 100 \cdot 1,11 \cdot 0,3/100,5 = 0,33$ моль

3) Вычислена масса продукта реакции:

$n(NaClO_4) = n(HClO_4) = 0,33$ моль

$m(NaClO_4) = 0,33 \cdot 122,5 = 40,4$ г

4) Вычислена масса добавленной воды:

$$0,08 = \frac{40,4}{100 \cdot 1,11 + 300 \cdot 1,1 + x}$$

откуда $x = 64$ г

$V(H_2O) = 64$ мл

27.

1) Составлено уравнение химической реакции:

$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

2) Рассчитана масса серной кислоты, находившейся в исходном растворе и получившейся из x моль оксида серы (VI):

$m_1(H_2SO_4) = m_1(\text{раствора}) \cdot \omega_1(H_2SO_4) = 500 \cdot 0{,}2 = 100$ г

$m(SO_3) = n(SO_3) \cdot M(SO_3) = 80x$

$m_2(H_2SO_4) = n(H_2SO_4) \cdot M(H_2SO_4) = 98x$

3) Рассчитана масса раствора и суммарная масса серной кислоты в нем:

$m_2(\text{раствора}) = m_1(\text{раствора}) + m(SO_3) = 500 + 80x$

$m_3(H_2SO_4) = m_1(H_2SO_4) + m_2(H_2SO_4) = 100 + 98x$

4) Найдена масса SO_3, необходимая для растворения:

$\omega(H_2SO_4) = m_3(H_2SO_4)/m_2(\text{раствора})$

$0{,}4 = (100 + 98x)/(500 + 80x)$

откуда x = 1,52 моль, $m(SO_3) = 1{,}52 \cdot 80 = 121{,}6$ г.

28.

1) Записаны уравнения реакций:

$CaC_2 + 2HCl = CaCl_2 + C_2H_2$

$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$

$Ca(OH)_2 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + 2H_2O$

2) Рассчитаны количества веществ реагентов и сделан вывод об избытке карбида кальция:

$n(HCl) = 100 \cdot 1{,}02 \cdot 0{,}05/36{,}5 = 0{,}14$ моль

$n(CaC_2) = 6{,}4/64 = 0{,}1$ моль

CaC_2 – в избытке

3) Рассчитаны количества веществ гидроксида кальция и азотной кислоты, вступивших в реакцию друг с другом:

$n(Ca(OH)_2) = 0{,}1 - 0{,}14/2 = 0{,}03$ моль

$n(HNO_3) = 0{,}06$ моль

4) Вычислен объем раствора азотной кислоты

$m(\text{р-ра}) = m(HNO_3)/\omega = 0{,}06 \cdot 63/0{,}15 = 25{,}2$ г

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{25{,}2}{1{,}08} = 23{,}3 \text{ мл}$$

29.

1) Написаны уравнения реакций взаимодействия кислот с КОН:

$HCOOH + KOH = HCOOK + H_2O$;

$CH_3COOH + KOH = CH_3COOK + H_2O$.

2) Рассчитаны масса раствора КОН, масса и количество вещества КОН в этом растворе:

$m_{(р\text{-}ра)} = 35 \cdot 1{,}2 = 42$ г; $m_{(кон)} = 42 \cdot 0{,}2 = 8{,}4$ г;

$\nu = 8{,}4 : 56 = 0{,}15$ моль.

3) Определено количество вещества кислот в смеси:

$\nu(HCOOH) + \nu(CH_3COOH) = 0{,}15$ моль.

4) Определена масса уксусной кислоты в исходной смеси и рассчитана ее массовая доля $m/60 + (7{,}6 - m)/46 = 0{,}15$; $m = 3{,}0$ г.

$\omega(CH_3COOH)$ в смеси кислот:

$\omega(CH_3COOH) = 3{,}0 : 7{,}6 = 0{,}395$ или 39,5 %.

30.

1) Записано уравнение реакции:

$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$

2) Рассчитано количество вещества образовавшейся ортофосфорной кислоты:

$n(P_2O_5) = 2{,}84/142 = 0{,}02$ моль,

$n(H_3PO_4) = 2n(P_2O_5) = 0{,}04$ моль

3) Рассчитано количество вещества щелочи:

$n(NaOH) = 30/40 = 0{,}75$ моль

4) Сделан вывод об избытке щелочи и об образовании 0,15 моль ортофосфата натрия:

$n(H_3PO_4) = 60 \cdot 0{,}18/98 + 0{,}04 = 0{,}15$ моль

(т.е. $n(NaOH) : n(H_3PO_4) = 5 : 1$)

В соответствии с уравнением $H_3PO_4 + 3NaOH = Na_3PO_4 + 3H_2O$ образуется 0,15 моль Na_3PO_4

31.

1) Составлено уравнение реакции между оксидом меди и серной кислотой:

$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$

2) Рассчитано количество вещества оксида меди (II) и серной кислоты, установлено их соотношение в ходе реакции:

$\nu = m/M$; $\nu(CuO) = 16$ г : 80 г/моль = 0,2 моль

$\nu(H_2SO_4) = V \cdot \rho \cdot \omega/100 \cdot M = 40 \cdot 1{,}03 \cdot 0{,}05/98 = 0{,}021$ моль

(следовательно, CuO в избытке).

3) Определено количество вещества образовавшегося сульфата меди и указано на образование его кристаллогидрата при упаривании:

$\nu(CuO) = \nu(CuSO_4) = 0{,}021$ моль

При упаривании образовался медный купорос $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

$CuSO_4 + 5H_2O \rightarrow CuSO_4 \cdot 5H_2O$

4) Рассчитана масса медного купороса:

$m(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = 250$ г/моль $\cdot$ 0,021 моль = 5,25 г

32.

1) Рассчитано количество вещества сероводорода:

$\nu(H_2S) = 5{,}6 : 22{,}4 = 0{,}25$ моль.

2) Определены масса раствора щелочи, масса щелочи в этом растворе и количество вещества KOH в растворе:

m(раствора KOH) = 59,02 $\cdot$ 1,186 = 70 г.

$m(KOH) = 70 \cdot 0{,}2 = 14$ г; $\nu(KOH) = 14 : 56 = 0{,}25$ моль.

3) Установлено, что в результате химической реакции образуется гидросульфид калия и определено его количество вещества:

$KOH + H_2S = KHS$; $\nu(KHS) = 0{,}25$ моль.

4) Рассчитана масса полученного в результате реакции гидросульфида калия: $m(KHS) = 72 \cdot 0{,}25 = 18$ г.

33.

1) Рассчитано количество вещества аммиака:

$\nu(NH_3) = 4{,}48$ л/22,4 л = 0,2 моль

2) Определены масса и количество вещества ортофосфорной кислоты:

$m(H_3PO_4) = 0{,}049 \cdot 200 = 9{,}8$ г.

$\nu(H_3PO_4) = 9{,}8/98 = 0{,}1$ моль.

3) Установлено, что в результате химической реакции образуется гидрофосфат аммония:

$2NH_3 + H_3PO_4 = (NH_4)_2HPO_4$,

т.к. $\nu(NH_3) : \nu(H_3PO_4) = 2 : 1$

4) Определены количество вещества и масса гидрофосата аммония:

$\nu((NH_4)_2HPO_4) = \nu(H_3PO_4) = 0{,}1$ моль.

$M((NH_4)_2HPO_4) = 0{,}1 \cdot 132 = 13{,}2$ г.

34.

1) Записана общая формула и рассчитана молярная масса аминокислоты – $C_nH_{2n}(NH_2)$ COOH.

$$\omega(O) = \frac{2 \cdot 16}{M_{кислоты}}$$

$$M_{кислоты} = \frac{32}{0{,}4267} = 75 \text{ (г / моль)}.$$

2) Найдено число атомов углерода в молекуле кислоты и установлена ее формула:

$M = 12n + 2n + 16 + 45 = 75$; $14n = 14$

$n = 1$

Формула кислоты NH_2CH_2COOH

35.

1) Найдены количества веществ углекислого газа, воды и азота:

$n(CO_2) = 0{,}896/22{,}4 = 0{,}04$ моль

$n(H_2O) = 0{,}99/18 = 0{,}055$ моль

$n(N_2) = 0{,}112/22{,}4 = 0{,}005$ моль

2) Найдено соотношение атомов в молекуле вторичного амина и установлена его молекулярная формула:

C:H:N = 0,04:0,11:0,01 = 4:11:1

$(C_2H_5)_2NH$

36.

1) Найдены количества веществ углекислого газа, воды и азота:

$n(CO_2) = 0,896/22,4 = 0,04$ моль

$n(H_2O) = 0,99/18 = 0,055$ моль

$n(N_2) = 0,112/22,4 = 0,005$ моль

2) Найдено соотношение атомов в молекуле третичного амина и установлена его молекулярная формула:

C:H:N = 0,04:0,11:0,01 = 4:11:1

$(CH_3)_2(C_2H_5)N$

37.

1) Составлено уравнение реакции и рассчитана молярная масса углеводорода и продукта реакции:

$C_nH_{2n-2} + 2HBr \rightarrow C_nH_{2n}Br_2$

$M(C_nH_{2n-2}) = 14n - 2$; $M(C_nH_{2n}Br_2) = 14n + 160$

2) Установлена молекулярная формула углеводорода:

$(14n + 160)/(14n - 2) = 4$, $n = 4$

Формула: C_4H_6

38.

1) Составлено уравнение гидролиза эфира в общем виде и найдены масса и количество вещества гидроксида калия:

$RCOOR' + KOH \rightarrow RCOOK + R'OH$

$m(KOH) = (9,8 + 3,2) - 7,4 = 5,6$ г

$n(KOH) = 5,6/56 = 0,1$ моль

2) Определена молярная масса эфира и установлена его формула:

$n(RCOOR') = n(KOH) = 0,1$ моль, тогда

$M(RCOOR') = m/n = 7,4/0,1 = 74$ г/моль

$M(R') = \frac{3,2}{0,1} = 32$ г/моль, отсюда $M(R') = 32 - 17 = 15$ г/моль

радикал R' - CH_3

$M(RCOOK) = \frac{9,8}{0,1} = 98$ г/моль, отсюда $M(R) = 98 - 83 = 15$ г/моль

R – CH_3, следовательно, эфир CH_3COOCH_3.

39.

1) Рассчитана молярная масса алкина:

$M = 29 \cdot D_{возд} = 1,862 \cdot 29 = 54$ г/моль

2) Найдено число атомов углерода в молекуле алкина и установлена его формула:

Общая формула алкинов C_nH_{2n-2}

$12n + 2n - 2 = 54$

$n = 4$

Формула алкина C_4H_6

40.

1) Составлено уравнение реакции в общем виде, и рассчитана молярная масса кислоты:

$C_nH_{2n+1}COOH + NaHCO_3 = C_nH_{2n+1}COONa + H_2O + CO_2$

$n(CO_2) = 5,6/22,4 = 0,25$ моль

$n(CO_2) = n(C_nH_{2n+1}COOH) = 0,25$ моль

$M(C_nH_{2n+1}COOH) = 22/0,25 = 88$ г/моль

2) Установлена молекулярная формула кислоты:

$M(C_nH_{2n+1}COOH) = 12n + 2n + 1 + 45 = 88$

$14n + 46 = 88$

$14n = 42$

$n = 3$

молекулярная формула кислоты C_3H_7COOH

41.

1) Записано уравнение реакции гидрогалогенирования алкена и сделан вывод о равенстве количеств веществ алкена и водорода:

$C_nH_{2n} + HCl \rightarrow C_nH_{2n+1}Cl$

На основании уравнения $n(C_nH_{2n}) = n(HCl)$

2) Рассчитана молекулярная масса и установлена молекулярная формула алкена:

$n(C_nH_{2n}) = 0,600/22,4 = 0,0268$ моль.

$M(C_nH_{2n}) = m/n = 1,5/0,0268 = 56$ г/моль

$M(C_nH_{2n}) = 12n + 2n = 56$ г/моль

$n = 4$

Молекулярная формула C_4H_8

42.

1) Рассчитана молярная масса, количество вещества органического соединения и количество вещества углекислого газа и воды, полученных при сгорании органического соединения:

$M = 32 \cdot 1,8125 = 58$ г/моль.

$\nu = 1,74 : 58 = 0,03$ моль.

$\nu(CO_2) = \nu(H_2O) = x$; $44x + 18x = 5,58$; $x = 0,09$ моль.

2) Рассчитано число атомов углерода, водорода, кислорода и определена химическая формула органического соединения:

$n(C) = 0,09 : 0,03 = 3$; $n(H) = (0,09 : 0,03) \cdot 2 = 6$;

$n(O) = [58 - (12 \cdot 3 + 6)]/16 = 1$

C_3H_6O

43.

1) Составлено уравнение реакции в общем виде, и рассчитана молярная масса кислоты:

$C_nH_{2n+1}COOH + NaNCO_3 = C_nH_{2n+1}COONa + H_2O + CO_2$

$n(CO_2) = 5,6 : 22,4 = 0,25$ моль

$n(CO_2) = n(C_nH_{2n+1}COOH) = 0,25$ моль

$M(C_nH_{2n+1}COOH) = 25,5/0,25 = 102$ г/моль

2) Установлена молекулярная формула кислоты:

$M(C_nH_{2n+1}COOH) = 12n + 2n + 1 + 45 = 102$

$14n + 46 = 102$

$14n = 56$

$n = 4$

Молекулярная формула C_4H_9COOH

44.

1) Записано уравнение реакции гидрирования алкена и сделан вывод о равенстве количеств веществ алкена и водорода:

$C_nH_{2n} + H_2 \rightarrow C_nH_{2n+2}$

На основании уравнения реакции $n(C_nH_{2n}) = n(H_2)$

2) Рассчитана молекулярная масса алкена и установлена его молекулярная формула:

$n(C_nH_{2n}) = 0,200/22,4 = 0,0089$ моль.

$M(C_nH_{2n}) = m/n = 0,5/0,0089 = 56$ г/моль

$M(C_nH_{2n}) = 12n + 2n = 56$ г/моль

$n = 4$

Молекулярная формула C_4H_8

Для заметок

Для заметок

Отпечатано с готовых оригинал-макетов в филиале ГУП МО «КТ» «Воскресенская типография»
140200, г. Воскресенск, Московской области, ул. Вокзальная, д. 30 Заказ 101
E-mail: vosprint@mail.ru тел.: 8 (49644) 2-45-42

Издательство «Интеллект-Центр» и Федеральный институт педагогических измерений (www.fipi.ru)

предлагает самую достоверную информацию о ЕГЭ

в серии «Универсальные материалы для подготовки учащихся» по следующим предметам:

Русский язык
Математика
Физика
Химия
Биология
География
История
Обществознание

Литература
Информатика
Английский язык (с аудиокассетой/CD)
Немецкий язык (с аудиокассетой/CD)
Французский язык (с аудиокассетой/CD)

Каждый из предлагаемых предметных сборников предназначен для подготовки выпускников 2010 года к экзамену и включает:

1) Анализ результатов экзаменов прошлых лет. Методические рекомендации выпускникам по подготовке к ЕГЭ.
2) Особенности типов заданий ЕГЭ-2010.
3) Банк тренировочных заданий с ответами и решениями (составлен из открытых заданий ЕГЭ, использовавшихся на экзаменах в 2002-2009 гг. и из открытого сегмента Федерального банка тестовых заданий).
4) Тренировочные варианты КИМ ЕГЭ - 2010 года с ответами и решениями.
5) Демонстрационный вариант ЕГЭ - 2010 года с ответами и решениями.

Также в ассортименте издательства «Интеллект-Центр» более 150 наименований учебно-методических пособий, основанных на новых технологиях обучения и контроля знаний учащихся 1-11 классов.

ISBN 978-5-89790-614-7
9 785897 906147 >

Более подробную информацию можно получить:
Тел./факс: (495) 330-08-83, 330-43-47
Ждем Ваших писем: 117485, Москва, а/я 18
e-mail: incent@com2com.ru, http: www.intellectcentre.ru