

ЕДИНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

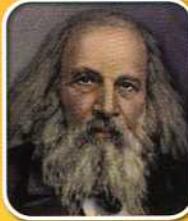
ЭКЗАМЕН

А. А. Каверина, Д. Ю. Добротин, Ю. Н. Медведев

# ХИМИЯ

## ВЫСШИЙ БАЛЛ

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА к ЕГЭ



УНИВЕРСАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
С МЕТОДИЧЕСКИМИ РЕКОМЕНДАЦИЯМИ,  
РЕШЕНИЯМИ И ОТВЕТАМИ

- Краткий теоретический курс
- Задания для самостоятельной подготовки
- Тренировочные тестовые задания

# ЕГЭ

ВЫСШИЙ БАЛЛ

А. А. Каверина  
Д. Ю. Добротин  
Ю. Н. Медведев

## Химия

### САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА К ЕГЭ

*Краткий теоретический курс  
Задания с комментариями и решениями  
Задания для самостоятельного решения  
Тренировочные варианты ЕГЭ  
Ответы ко всем заданиям*

Издательство  
«ЭКЗАМЕН»  
МОСКВА, 2017

УДК 372.8:54

ББК 74.262.4

К12

**Каверина А. А.**

К12 ЕГЭ. Химия. Высший балл. Самостоятельная подготовка к ЕГЭ / А. А. Каверина, Д. Ю. Добротин, Ю. Н. Медведев. — М. : Издательство «Экзамен», 2017. — 431, [1] с. (Серия «ЕГЭ. Высший балл»)

ISBN 978-5-377-11181-8

Учебное пособие содержит материал для подготовки к сдаче ЕГЭ по химии.

Пособие для подготовки к ЕГЭ включает систематизированный теоретический материал по четырем разделам химии, а также задания для самостоятельной работы (с ответами). Представлены все типы заданий и подходы к их оцениванию. Комментарии к решению заданий помогут ещё раз повторить основные понятия, необходимые для подготовки к экзамену. В пособии приведены тренировочные варианты ЕГЭ.

Адресовано ученикам 10–11 классов, предполагающим сдавать ЕГЭ по химии, а также учителям химии.

Приказом № 699 Министерства образования и науки Российской Федерации учебные пособия издательства «Экзамен» допущены к использованию в общеобразовательных организациях.

УДК 372.8:54

ББК 74.262.4

---

Формат 60x90/16. Гарнитура «Школьная». Бумага газетная.  
Уч.-изд. л. 12,89. Усл. печ. л. 27. Тираж 10 000 экз. Заказ № 2949/16.

---

**ISBN 978-5-377-11181-8**

© Каверина А. А., Добротин Д. Ю.,  
Медведев Ю. Н., 2017  
© Издательство «ЭКЗАМЕН», 2017

# **СОДЕРЖАНИЕ**

<i>Предисловие .....</i>	6
--------------------------	---

## **ОСНОВЫ ХИМИИ**

<b>1.1. Теоретический материал .....</b>	<b>10</b>
Современные представления о строении атома.....	11
Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева.	
Закономерности изменения химических свойств элементов и их соединений по периодам и группам.....	16
Химическая связь и строение вещества .....	20
Электроотрицательность. Степень окисления и валентность химических элементов.....	28
Вещества молекулярного и немолекулярного строения.	
Зависимость свойств веществ от особенностей их кристаллической решетки .....	37
Классификация химических реакций в неорганической и органической химии.	
Обратимые и необратимые химические реакции.	
Смещение равновесия.....	40
Электролитическая диссоциация электролитов в водных растворах. Сильные и слабые электролиты.	
Реакции ионного обмена .....	43
Гидролиз солей. Среда водных растворов .....	46
Окислительно-восстановительные реакции .....	47
Электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей, кислот) .....	52
Скорость химической реакции .....	53
<b>1.2. Задания с комментариями и решениями .....</b>	<b>55</b>
<b>1.3. Задания для самостоятельной работы .....</b>	<b>70</b>

## **2. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

<b>2.1. Теоретический материал .....</b>	<b>87</b>
Классификация и номенклатура неорганических соединений .....	87

<b>Характеристика элементов по положению в Периодической системе .....</b>	<b>97</b>
<b>Химические свойства простых неорганических веществ .....</b>	<b>104</b>
<b>Химические свойства сложных неорганических веществ .....</b>	<b>122</b>
<b>2.2. Задания с комментариями и решениями .....</b>	<b>137</b>
<b>2.3. Задания для самостоятельной работы .....</b>	<b>149</b>

### 3. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

<b>3.1. Теоретический материал .....</b>	<b>168</b>
Теория химического строения органических соединений: гомология и изомерия.....	168
Типы связей в молекулах органических веществ.	
Гибридизация атомных орбиталей углерода.	
Радикал. Функциональная группа .....	169
Классификация и номенклатура	
органических веществ .....	170
Характерные химические свойства углеводородов .....	175
Ароматические углеводороды (арены).....	187
Характерные химические свойства предельных одноатомных и многоатомных спиртов, фенола .....	192
Характерные химические свойства альдегидов, предельных карбоновых кислот, сложных эфиров.....	198
Биологически важные вещества (жиры, углеводы).....	204
Характерные химические свойства	
азотсодержащих органических соединений.....	210
Биологически важные вещества .....	216
Основные способы получения углеводородов .....	217
Основные способы получения	
кислородсодержащих веществ .....	222
Основные способы получения	
азотсодержащих веществ .....	226
Взаимосвязь органических соединений .....	228
3.2. Задания с комментариями и решениями .....	229
3.3. Задания для самостоятельной работы .....	240

## **4. МЕТОДЫ ПОЗНАНИЯ В ХИМИИ. ХИМИЯ И ЖИЗНЬ**

<b>4.1. Теоретический материал .....</b>	<b>264</b>
Экспериментальные основы химии .....	264
Общие представления о промышленных способах получения важнейших веществ .....	269
Природные источники углеводородов, их переработка .....	276
Высокомолекулярные соединения.	
Реакции полимеризации и поликонденсации.	
Полимеры. Пластмассы, волокна, каучуки. ....	281
Расчеты по химическим формулам и уравнениям реакций.....	286
<b>4.2. Задания с комментариями и решениями .....</b>	<b>297</b>
<b>4.3. Задания для самостоятельной работы .....</b>	<b>309</b>

## **ПРИМЕРНЫЕ ВАРИАНТЫ ЕГЭ**

<i>Вариант 1.....</i>	318
<i>Вариант 2.....</i>	330
<i>Вариант 3.....</i>	341
<i>Вариант 4.....</i>	352
<i>Вариант 5.....</i>	363

## **ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

<b>Основы химии .....</b>	<b>374</b>
<b>Неорганическая химия.....</b>	<b>379</b>
<b>Органическая химия .....</b>	<b>387</b>
<b>Познание и применение веществ и химических реакций .....</b>	<b>394</b>
<b>Ответы на задания примерных тренировочных вариантов ЕГЭ .....</b>	<b>409</b>
<b>Ответы к заданиям части 1 .....</b>	<b>409</b>
<b>Ответы к заданиям части 2 .....</b>	<b>411</b>

## **Предисловие**

Предлагаемое вашему вниманию пособие предназначено для изучения, обобщения и систематизации материала по химии, изучаемого на старшей ступени школы. Работа с пособием позволит также успешно подготовиться к единому государственному экзамену (ЕГЭ) по химии, который проводится с использованием контрольных измерительных материалов (КИМ) — стандартизованных заданий, содержание которых в полной мере соответствует действующей нормативной базе школьного химического образования — Федеральному государственному образовательному стандарту среднего (полного) общего образования.

Пособие включает:

- учебно-тренировочные материалы по основным разделам курса химии (теория и тренировочные задания);
- примерные варианты ЕГЭ;
- ответы на задания для самостоятельной работы и задания примерных вариантов.

*Учебно-тренировочные материалы по основным разделам курса химии* представляют собой системное изложение материала о веществах, их составе, строении и свойствах; о химической реакции, сущности и закономерностях протекания реакций различного типа; об использовании веществ и химических превращений, методах познания химических объектов. Включенный в пособие материал является обязательной составляющей (инвариантное ядро) содержания всех действующих программ средней школы по химии для классов, изучающих химию на профильном уровне.

С целью точного определения уровня владения теоретическим материалом в эту же часть включены тренировочные задания для его отработки. К решению некоторых заданий предложены комментарии, которые раскрывают то, какие знания послужили основой для выбора алгоритма их выполнения, а также помогают увидеть возможную логику рассуждений, которая, на наш взгляд, позволяет наиболее обоснованно прийти к правильному ответу. Приведенные в этой

части задания отобраны таким образом, чтобы отразить все многообразие их форм, используемых в вариантах ЕГЭ, и показать основные подходы к решению наиболее типичных из них. Несмотря на наличие комментариев, рекомендуем начинать решение таких заданий с продумывания правильного решения без опоры на предложенные рекомендации, а уже затем переходить к определению правильности/неправильности выбранного пути.

Проверить готовность выполнять задания самостоятельно помогут задания для самостоятельной работы. При решении этой группы заданий целесообразно обращать внимание на те из них, которые вызвали наибольшие сложности или не были решены. В этом случае необходимо вернуться к теоретическому материалу и/или проанализировать аналогичные задания с комментариями.

Материал первой части распределен по четырем содержательным блокам, которые составляют основу для разработки заданий КИМ ЕГЭ: «Теоретические основы химии», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Методы познания в химии».

Для удобства работы и понимания того, какой теоретический материал включен в раздел, в начале каждого из них размещена таблица с перечнем элементов содержания, усвоение которых проверяется заданиями экзаменационной работы ЕГЭ.

Вместе с тем следует заметить, что при подготовке к экзамену важно обращать внимание не только на содержание изучаемого материала, но также и на те умения, которыми необходимо владеть для выполнения заданий ЕГЭ. Приведем перечень этих умений:

- характеризовать общие свойства химических элементов и их соединений на основе положения в Периодической системе Д.И. Менделеева; состав, строение, свойства и применение веществ; факторы, влияющие на изменение скорости химической реакции и состояния химического равновесия;

- объяснять закономерности в изменении свойств веществ, сущности химических реакций;

- составлять схемы строения атомов химических элементов, формулы (молекулярные и структурные) веществ, уравнения химических реакций и др.;
- проводить вычисления по химическим формулам и уравнениям;
- использовать приобретенные знания для объяснения химических явлений, происходящих в природе, быту и на производстве, распознавания важнейших веществ, безопасной работы с веществами и др.

**Примерные варианты** построены по тем же принципам, что и контрольные измерительные материалы ЕГЭ. Возможные различия, предложенных в пособии вариантов, с вариантами ЕГЭ нового учебного года, не должны вас огорчать, так как охват химического материала, типология заданий и уровень их сложности в полной мере соответствуют предложенным вариантам ЕГЭ по химии.

Работу с вариантами целесообразно начинать на завершающем этапе подготовки к экзамену. Решая каждый вариант, необходимо обращать внимание на то, сколько времени занимает выполнение заданий по тому или иному разделу, а также выполнение варианта с начала и до конца. Такой контроль позволяет правильно распределить время, продумать порядок выполнения заданий. Так, например, некоторые из выпускников начинают выполнение заданий экзаменационного варианта со второй части, аргументируя это тем, что они самостоятельно записывают полные решения, что способствует быстрому погружению в химическое содержание. Кроме того, выполненная (частично или полностью) более сложная вторая часть варианта позволяет понять реальность получения высоких баллов на экзамене.

Проконтролировать правильность выполнения тренировочных заданий и заданий тренировочных вариантов, а следовательно, и результативность подготовки помогут **ответы на задания для самостоятельной работы и задания примерных вариантов**.

Проверка правильности выполнения заданий не должна превращаться в формальную сверку ответов. При обнаружении неверного ответа, необходимо проанализировать причину

ошибочности выбранного ответа и изучить содержательную основу верного ответа.

Особое внимание следует обратить на содержание и критерии оценивания заданий с развернутым ответом. При работе с ними очень важно не просто сверить правильность / неправильность вашего и предложенного в пособии решения, а разобраться в том, содержит ли ваше решение все элементы, предусмотренные условием задания. Имеет смысл также оценить оптимальность выбранного вами пути решения задания.

Необходимо еще раз заметить, что, как уже отмечалось в начале предисловия, пособие ориентировано на повторение, систематизацию и обобщение изученного материала. Это означает, что в случае недостаточно высокого первоначального уровня подготовки по химии вам целесообразно воспользоваться учебником (для профильных классов школы или поступающих в вузы), в котором теоретический материал изложен более детально и даются подробные объяснения первоначальным химическим понятиям.

Надеемся, что включенные в пособие материалы окажут вам помочь в эффективной подготовке к ЕГЭ по химии.

# **ОСНОВЫ ХИМИИ**

## **1.1. Теоретический материал**

<b>№</b>	<b>Проверяемые элементы содержания</b>
1	Строение электронных оболочек атомов элементов первых четырех периодов: <i>s</i> -, <i>p</i> - и <i>d</i> -элементы. Электронная конфигурация атома. Основное и возбужденное состояние атомов
2	Закономерности изменения химических свойств элементов и их соединений по периодам и группам Общая характеристика металлов IA–IIIA групп в связи с их положением в Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева и особенностями строения их атомов. Характеристика переходных элементов — меди, цинка, хрома, железа — по их расположению в Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева и особенностям строения их атомов. Общая характеристика неметаллов IVA–VIIA групп в связи с их положением в Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева и особенностями строения их атомов
3	Ковалентная химическая связь, ее разновидности и механизмы образования. Характеристики ковалентной связи (полярность и энергия связи). Ионная связь. Металлическая связь. Водородная связь
4	Электроотрицательность. Степень окисления и валентность химических элементов
5	Вещества молекулярного и немолекулярного строения. Тип кристаллической решетки. Зависимость свойств веществ от их состава и строения
6	Классификация химических реакций в неорганической и органической химии

<b>№</b>	<b>Проверяемые элементы содержания</b>
7	Скорость реакции, ее зависимость от различных факторов
8	Обратимые и необратимые химические реакции. Химическое равновесие. Смещение равновесия под действием различных факторов
9	Электролитическая диссоциация электролитов в водных растворах. Сильные и слабые электролиты. Реакции ионного обмена
10	Гидролиз солей. Среда водных растворов: кислая, нейтральная, щелочная
11	Окислитель и восстановитель. Реакции окислительно-восстановительные. Коррозия металлов и способы защиты от нее
12	Электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей, кислот)

## **Современные представления о строении атома**

Согласно современным представлениям, атом состоит из положительно заряженного ядра и вращающихся вокруг него отрицательно заряженных электронов. Ядро образовано двумя видами элементарных частиц — положительно заряженными протонами  $p^+$  и незаряженными нейтронами  $n^0$ , вместе они называются *нуклонами*. Число нуклонов в ядре атома равно массовому числу  $A$ :

$$A = N(p^+) + N(n^0)$$

Число протонов в ядре равно атомному (порядковому) номеру  $Z$  химического элемента в Периодической системе элементов Д.И. Менделеева. Следовательно, положительный заряд ядра определяется атомным номером элемента. Поскольку атом в целом электронейтрален, то число электронов в атоме равно числу протонов в атомном ядре:

$$Z = N(p^+) = N(e^-)$$

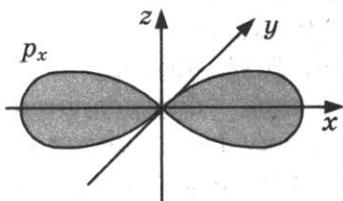
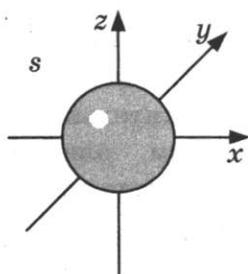
Практически вся масса атома сосредоточена в ядре, так как масса электронов чрезвычайно мала ( $m \approx 1/2000 m_{p+}$ ).

Все атомы одного и того же элемента, имея один и тот же заряд ядра, могут отличаться по массе. Разновидности атомов одного и того же химического элемента, различающиеся по массе, называются **изотопами**. Различие в массе связано с различным числом нейтронов в ядре. Так, водород имеет 3 изотопа, которые обозначаются так:

протий  ${}_1^1\text{H}$ , дейтерий  ${}_1^2\text{H}$ , тритий  ${}_1^3\text{H}$ ,

где заряд ядра указан слева внизу, а массовое число — слева вверху. Ядро самого легкого изотопа (протия) не содержит нейтронов, ядро дейтерия содержит 1 нейtron, ядро трития — 2 нейтрона. Приведенные в Периодической системе значения атомных масс элементов учитывают содержание всех изотопов данного элемента в природе. Так, элемент хлор представлен в природе двумя изотопами:  ${}_{17}^{35}\text{Cl}$  (примерно 75%) и  ${}_{17}^{37}\text{Cl}$  (примерно 25%). Отсюда атомная масса природного хлора равна:  $A_r(\text{Cl}) = 35 \cdot 0,75 + 37 \cdot 0,25 = 35,5$ .

Область околоядерного пространства, в которой вероятность нахождения электрона наиболее высока, называют **атомной орбиталью**. Каждой атомной орбитали отвечает своя форма электронного облака. Известны  $s$ ,  $p$ ,  $d$  и  $f$ -атомные орбитали; так же называются и электроны, занимающие эти орбитали. Электронное облако  $s$ -орбитали имеет сферическую симметрию,  $p$ -электронные облака (рис. 1) напоминают вытянутую объемную восьмерку, форма  $d$ -облаков более сложная.



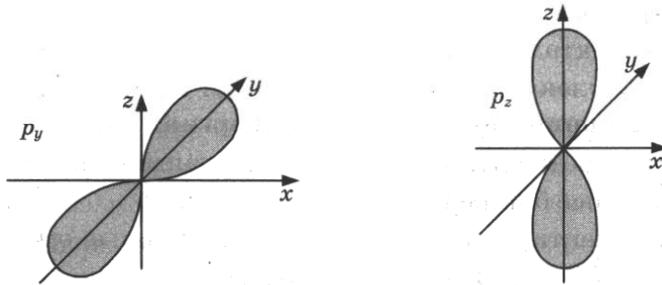


Рис. 1. *s*- и *p*-орбитали

Изучение атомных спектров показало, что электроны в атоме обладают разным запасом энергии, распределяясь по отдельным **энергетическим уровням и подуровням**. Энергетические уровни (или электронные оболочки) обозначают цифрами или латинскими буквами (табл. 1)

Таблица 1

Номер уровня, <i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7
Обозначение уровня	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>O</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>

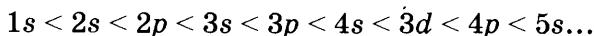
Каждый энергетический уровень включает в себя электроны с близкой энергией и состоит из нескольких энергетических подуровней, которые состоят из электронов с одинаковой энергией. Число подуровней в уровне равно номеру данного уровня. Так, первый уровень состоит всего из одного подуровня, обозначаемого *1s*-подуровень. Второй уровень состоит из двух подуровней — *2s* и *2p*. Третий уровень включает в себя три подуровня — *3s*, *3p* и *3d*. Четвертый подуровень включает в себя четыре подуровня — *4s*, *4p*, *4d* и *4f*. Электроны на ближайшем к ядру энергетическом уровне (*n* = 1) обладают наименьшей энергией. По мере увеличения номера уровня запас энергии электронов возрастает. Для данного энергетического уровня энергия *s*-подуровня наименьшая, а энергия *f*-подуровня — наибольшая:

$$E_s < E_p < E_d < E_f$$

Любой из *s*-подуровней включает в себя одну *s*-атомную орбиталь, *p*-подуровень включает три *p*-орбитали, *d*-подуровень содержит пять *d*-орбиталей.

**Электронная конфигурация** показывает распределение электронов в атоме по энергетическим уровням, подуровням и орбиталям. Электронная конфигурация составляется в соответствии с **принципом минимума энергии**: вначале электронами заполняются атомные орбитали с наименьшей энергией, расположенные ближе к ядру.

Экспериментально установлено, что атомные орбитали заполняются электронами в следующем порядке:



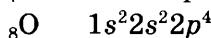
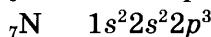
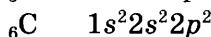
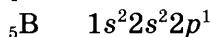
Составляя электронную формулу атома, сначала цифрой указывают номер энергетического уровня, затем буквой (*s*, *p*, *d*, *f*) обозначают подуровень и, наконец, указывают число электронов на данном подуровне (верхний индекс). Так, запись  $1s^2$  означает, что на  $1s$ -подуровне находятся два электрона.

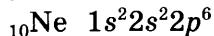
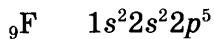
Для составления электронной формулы любого атома достаточно знать порядковый номер элемента в Периодической системе (это дает число электронов в атоме), номер периода (указывает на число энергетических уровней, заполняющихся электронами) и приведенную выше последовательность заполнения атомных орбиталей электронами.

*Первый период* содержит два элемента — водород и гелий. Атом водорода имеет один электрон, а атом гелия — два электрона, располагающихся на  $1s$ -подуровне, что записывается электронными формулами:

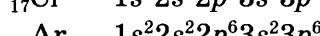
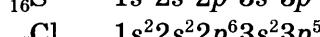
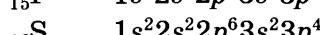
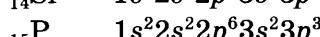
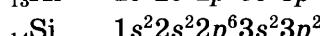
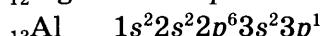
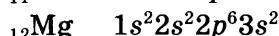
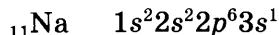


*Второй период* начинается элементом литием и заканчивается неоном. Он включает 8 элементов. Все электроны в атомах элементов второго периода располагаются на двух энергетических уровнях:



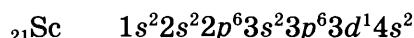


*Третий период* включает 8 элементов: 2 — *s*-элемента и 6 *p*-элементов. Все электроны в атомах элементов третьего периода располагаются на трех энергетических уровнях.



Однако следует помнить, что число элементов, у которых электроны располагаются на трех энергетических уровнях, равно 18.

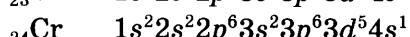
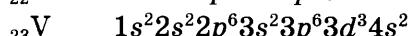
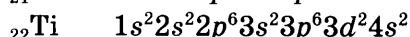
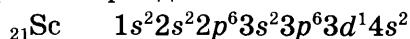
*Четвертый период* начинается, как и другие периоды, с *s*-элементов — калия и кальция, в атомах которых происходит заполнение электронами *4s*-орбиталей. И только после заполнения *4s*-оболочки происходит заполнение вакантной *3d*-оболочки. Первый *3d*-электрон появляется в атоме скандия:



(сначала заполняется *4s*-подуровень, а записывается в электронной формуле сначала *3d*-подуровень).

Скандий и последующие элементы называются *3d*-элементами, всего их десять (так как на пяти *d*-орбиталях может максимально разместиться 10 электронов). *d*-элементы наряду с *f*-элементами относятся к так называемым **переходным элементам**, которые всегда располагаются в побочных подгруппах Периодической системы.

Электронные конфигурации переходных элементов четвертого периода:



<sub>25</sub> Mn	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$
<sub>26</sub> Fe	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$
<sub>27</sub> Co	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$
<sub>28</sub> Ni	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$
<sub>29</sub> Cu	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underline{3d^{10}} 4s^1$
<sub>30</sub> Zn	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$

Обратите внимание на электронные конфигурации атомов хрома и меди. Вместо конфигурации  $3d^4 4s^2$  атом хрома имеет конфигурацию  $3d^5 4s^1$ . Это связано с переходом одного из  $4s$ -электронов на  $3d$ -подуровень вследствие близости энергий  $4s$  и  $3d$ -подуровней, что приводит к повышенной устойчивости наполовину заполненной  $d$ -оболочки. Аналогичный «пропал электрона» имеет место и в атоме меди, что также связано с повышенной устойчивостью полностью заполненной  $d$ -оболочки.

Мы рассмотрели электронные конфигурации атомов, находящихся в основном состоянии. Основное состояние — самое устойчивое, в нем атом может находиться бесконечно долго. Кроме основного состояния, существуют и **возбужденные состояния** атома. Сообщив атому небольшую энергию, можно перевести электрон на соседнюю вакантную орбиталь того же уровня или даже уровень с большей энергией. В возбужденном состоянии атом может находиться ничтожно малое время, не больше  $10^{-8}$  с, после чего вновь переходит в устойчивое основное состояние.

## **Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. Закономерности изменения химических свойств элементов и их соединений по периодам и группам**

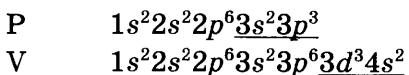
Современная формулировка Периодического закона звучит так: «*Свойства элементов, а также свойства образуемых ими соединений находятся в периодической зависимости от величины заряда ядер их атомов*».

Графическим выражением Периодического закона является Периодическая система химических элементов, которую представляют обычно в виде таблицы. Каждый элемент в Пе-

риодической системе имеет свое место, определяемое номером группы и номером периода. Порядковый номер элемента в Периодической системе — наиболее важная его характеристика. Именно порядковый (или атомный) номер указывает на заряд ядра атома данного элемента, а следовательно, на число протонов в ядре и на число электронов в атоме.

Группами называют вертикальные столбцы Периодической системы. Группа состоит из двух подгрупп — главной и побочной. В последнее время вместо термина «главная подгруппа» используют термин «группа А» (с указанием номера группы), а вместо «побочной подгруппы» — «группа В». Так, пятую группу образуют элементы азот, фосфор, мышьяк, сурьма, висмут (группа VA) и ванадий, ниобий, tantal, дубний (группа VB).

Атомы элементов, принадлежащих к одной группе, имеют, как правило, одинаковое число валентных электронов и, следовательно — одинаковую высшую степень окисления. Так, электронные конфигурации атомов фосфора и ванадия:



В атоме фосфора валентными являются пять электронов внешнего уровня  $3s^2 3p^3$ . В атоме ванадия валентными являются внешние  $s$ - и предвнешние  $d$ -электроны  $3d^3 4s^2$ . За счет пяти валентных электронов и фосфор, и ванадий образуют высшие оксиды  $P_2O_5$  и  $V_2O_5$ . Различия в электронном строении атомов фосфора и ванадия, а также различия в валентных электронах обуславливают отнесение этих элементов к разным подгруппам — главной и побочной.

Для  $d$ -элементов I и VIII групп число валентных электронов не совпадает с номером группы. Так, в IB группе расположены элементы — медь и золото, для которых более характерна степень окисления не +1, а соответственно +2 и +3. В VIIIB группе элементы — кобальт, никель, палладий и др., которые не проявляют высшей степени окисления +8.

Период — это горизонтальный ряд элементов, расположенных в порядке возрастания зарядов ядер атомов. В Периодической системе Д.И. Менделеева семь периодов, последний

период незавершенный. Каждый период (кроме первого) начинается щелочным металлом и заканчивается инертным газом. Первый период содержит лишь два элемента (водород и гелий), второй и третий периоды — по восемь элементов. Первые три периода называют **малыми периодами**. В отличие от первых трех периодов все последующие периоды называют **большими**, они содержат по 18 и более элементов.

Если порядковый номер указывает на общее число электронов в атоме элемента, то номер периода указывает на число энергетических уровней, на которых расположены электроны в этом атоме. Так, все 15 электронов в атоме фосфора (порядковый номер элемента 15) расположены на трех энергетических уровнях (так как фосфор — элемент третьего периода). Все 26 электронов в атоме железа (порядковый номер элемента 26) расположены на четырех энергетических уровнях (так как железо — элемент четвертого периода).

### Изменение свойств элементов в главных подгруппах

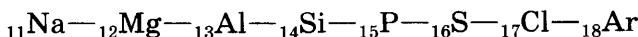
В состав подгрупп входят химические элементы со сходными свойствами. Если число электронов на внешнем уровне одинаково для всех элементов одной подгруппы (оно равно номеру группы), то другие свойства элементов закономерно изменяются в подгруппе с увеличением зарядов ядер атомов. Так, сверху вниз возрастает число заполненных электронных слоев, следовательно, возрастают атомные радиусы элементов. В силу этого увеличивается легкость отдачи внешних электронов, уменьшается электроотрицательность элементов, усиливаются металлические свойства и, напротив, ослабевают неметаллические свойства простых веществ, образованных этими элементами. Соответственно, кислотные свойства оксидов и гидроксидов сверху вниз по подгруппе уменьшаются, а основные — усиливаются. Так, для элементов VA группы в ряду оксидов:



первые три проявляют исключительно кислотные свойства, оксид сурьмы — амфотерный с преобладанием кислотных свойств, оксид висмута — амфотерный с преобладанием основных свойств. Следовательно, происходит закономерное ослабление кислотных свойств оксидов (и гидроксидов) и усиление основных.

### **Изменение свойств элементов по периоду**

Рассмотрим в качестве примера характер изменения свойств элементов третьего периода:



*Третий период*, как и все остальные периоды, начинается с *s*-элемента, в данном случае с натрия. Электронная конфигурация внешнего электронного уровня атома натрия  $3s^1$ . Заканчивается третий период, как и все остальные периоды, *p*-элементом, в данном случае инертным газом аргоном, внешняя электронная конфигурация которого  $3s^23p^6$ . С увеличением зарядов ядер атомов по периоду происходит последовательное увеличение числа электронов на внешнем уровне — от 1 в атоме натрия до 8 в атоме аргона. Это приводит к уменьшению атомного радиуса от 1,89 Å в случае натрия до 0,66 Å в случае аргона. Следствием уменьшения атомных радиусов является ослабление металлических свойств простых веществ, образованных элементами третьего периода, и усиление неметаллических. С уменьшением атомных радиусов увеличивается электроотрицательность элементов от 1,01 у натрия до 3,0 у хлора. Все это обуславливает ослабление основного характера оксидов и гидроксидов и усиление кислотных свойств оксидов и гидроксидов по периоду слева направо.

Так, первые три химических элемента третьего периода — натрий, магний и алюминий — относятся к металлам, остальные элементы — к неметаллам. Оксид натрия  $\text{Na}_2\text{O}$  обладает сильными основными свойствами, ему соответствует гидроксид  $\text{NaOH}$  — сильное основание, щелочь. Следующий элемент — магний — образует оксид  $\text{MgO}$  и гидроксид

$Mg(OH)_2$  — со слабоосновными свойствами. Таким образом, основность оксида и гидроксида значительно уменьшается при переходе от  $Na$  к  $Mg$ . Еще более основность оксида и гидроксида уменьшается при переходе к алюминию, который образует амфотерные оксид  $Al_2O_3$  и гидроксид  $Al(OH)_3$ . Последующие элементы — кремний, фосфор, сера и хлор — образуют оксиды и гидроксиды уже кислотного характера, причем в ряду оксидов  $SiO_2$ — $P_2O_5$ — $SO_3$ — $Cl_2O_7$  или гидроксидов  $H_2SiO_3$ — $H_3PO_4$ — $H_2SO_4$ — $HClO_4$  кислотность существенно возрастает. Если кремниевая кислота относится к наиболее слабым кислотам, то хлорная кислота — одна из сильнейших неорганических кислот. Завершается третий период инертным газом аргоном.

## **Химическая связь и строение вещества**

Под **химической связью** понимают взаимодействие, приводящее к образованию физически устойчивой двухатомной (межатомной) системы.

Химическая связь образуется за счет валентных электронов. Валентными являются *s*- и *p*-электроны внешнего уровня (для непереходных элементов), а также *d*-электроны предвнешнего уровня (для переходных элементов).

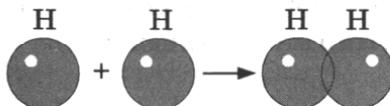
Различают три основных типа химических связей: ковалентную, ионную и металлическую.

### **Ковалентная связь**

Ковалентная связь осуществляется за счет образования общих электронных пар. Существуют два механизма образования ковалентной связи: обменный механизм (или механизм обобществления электронов) и донорно-акцепторный механизм.

В соответствии с первым механизмом ковалентная связь образуется при спаривании электронов, принадлежавших разным атомам. Рассмотрим химическую связь в молекуле водорода  $H_2$ . Образование общей электронной пары происходит при взаимодействии двух атомов водорода. Это становится

возможным в результате перекрывания  $s$ -орбиталей по мере сближения двух атомов:



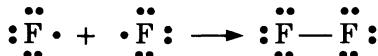
Процесс образования общей электронной пары сопровождается выделением 432 кДж/моль энергии:



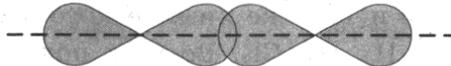
Общую электронную пару в структурных формулах изображают в виде валентного штриха:



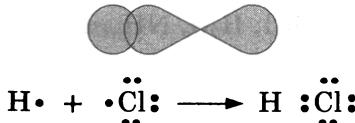
Аналогично образование общей электронной пары происходит и при взаимодействии атомов фтора с конфигурацией  $2s^2 2p^5$  (каждый из которых имеет по одному неспаренному электрону):



В данном случае химическая связь образуется при перекрывании двух  $2p$ -орбиталей:

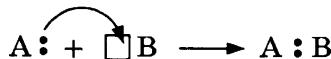


При образовании молекулы HCl общая электронная пара образуется при перекрывании  $1s$ -орбитали атома водорода и  $3p$ -орбитали атома хлора:



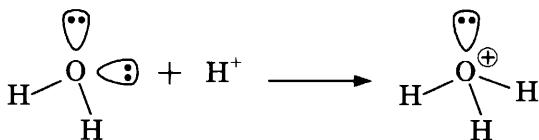
Во всех рассмотренных случаях при сближении атомов происходит частичное перекрывание электронных облаков, при этом в области между ядрами увеличивается плотность электронного заряда, что и приводит к образованию химической связи.

В соответствии со вторым механизмом образования ковалентной связи у одного атома (донора) должна быть неподеленная электронная пара, которая взаимодействует с вакантной орбиталью другого атома (акцептора):



И в этом случае химическая связь обусловлена появлением общей электронной пары, которая до взаимодействия принадлежала одному из атомов.

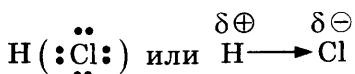
Донорно-акцепторный механизм образования ковалентной связи реализуется в таких соединениях, как соли аммония, азотная кислота, нитраты, аминокислоты, комплексные соединения. Одна из связей образована по донорно-акцепторному механизму в молекулах озона  $O_3$  и в ионе гидроксония  $H_3O^+$ :



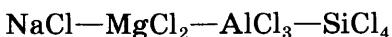
Среди ковалентных связей выделяют связи — полярные и неполярные. **Ковалентная неполярная связь** образуется между атомами одного и того же химического элемента. Например, в молекулах  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $Cl_2$ . Во всех подобных молекулах электронное облако связи не поляризовано, т.е. расположено симметрично между двумя связанными атомами. **Ковалентная полярная связь** образуется между атомами (обычно неметаллов), отличающимися по электроотрицательности. Например, в молекулах  $HCl$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$ , а также  $AlCl_3$ ,  $TiCl_4$  и др. Полярность присуща большинству ковалентных связей.

В указанных выше молекулах связывающее электронное облако смешено к более электроотрицательному атому, вызывая появление частичных положительного и отрицательного зарядов на атомах. Так, в молекуле хлороводорода  $HCl$  связывающая электронная пара смешена к более электроотрицательному атому хлора. На атоме водорода при этом появляется частичный положительный заряд  $\delta+$  (читается «дельта

плюс»), а на атоме хлора — частичный отрицательный заряд  $\delta^-$  (читается «дельта минус»). В результате происходит смещение электронной плотности, которое изображают схематически стрелкой:

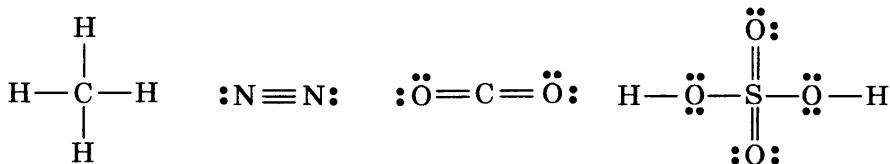


Чем больше разница в электроотрицательностях элементов, тем больше величина зарядов, возникающих на атомах, тем больше полярность связи. Так, в рядах:

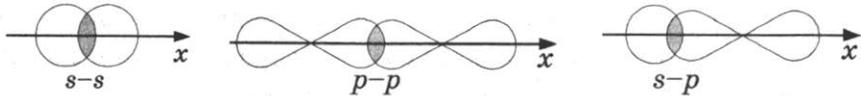


полярность связи уменьшается, поскольку уменьшается разность между значениями электроотрицательностей связанных атомов.

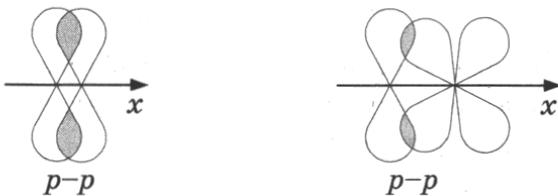
Если между двумя атомами образовалась одна ковалентная связь (одна общая электронная пара), то она называется **одинарной**. Между двумя атомами могут возникать и **кратные связи** — двойные (две общие электронные пары) и тройные (три общие электронные пары). В структурных формулах одинарные связи изображаются одним валентным штрихом, двойные связи — двумя валентными штрихами, тройные — тремя. Ниже приведены структурные формулы некоторых молекул (с изображением неподеленных электронных пар, оставшихся на атомах после образования химических связей):



Среди ковалентных связей выделяют, в соответствии с симметрией электронного облака,  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи.  **$\sigma$ -связи** образуются при перекрывании электронных облаков вдоль линии связи.



$\pi$ -связи образуются при боковом перекрывании  $p$ - или  $d$ -электронных облаков над- и под линией связи:



Если между двумя атомами действует одна связь, то это всегда  $\sigma$ -связь. В случае кратной связи между двумя атомами одна из них всегда  $\sigma$ -связь, остальные —  $\pi$ -связи.

Так, в приведенных выше формулах  $\pi$ -связи имеются в молекулах азота ( $1\sigma$  и  $2\pi$ ), углекислого газа ( $2\sigma$  и  $2\pi$ ) и серной кислоты ( $6\sigma$  и  $2\pi$ ). В молекуле метана все атомы связаны только  $\sigma$ -связями ( $4\sigma$ ).

Основными характеристиками ковалентной связи являются длина и энергия. Под **длиной связи** понимают соответствующее межъядерное расстояние. Химическая связь тем прочнее, чем меньше ее длина. Так, в ряду соединений HF—HCl—HBr—HI происходит увеличение длины связи, вызванное увеличением размера атомов галогенов сверху вниз по подгруппе. В этом же ряду происходит уменьшение энергии химической связи, т. е. уменьшение прочности связи (табл. 2).

Таблица 2

Вещества	HF	HCl	HBr	HI
Длина связи, Å	0,92	1,27	1,41	1,61
Энергия связи, кДж/моль	566	432	366	298

Энергия связи зависит также от кратности — с увеличением кратности связи ее длина уменьшается, а прочность (энергия) возрастает. Это можно проиллюстрировать примером с углеводородами этаном, этиленом и ацетиленом (табл. 3).

Таблица 3

Молекула	Характеристика связи		
	кратность	энергия, кДж/моль	длина, $\text{\AA}$
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$	1	264	1,54
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	2	423	1,35
$\text{HC}\equiv\text{CH}$	3	536	1,20

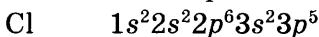
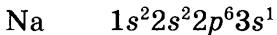
### Ионная связь

Химическая связь, осуществляемая за счет электростатического взаимодействия разноименно заряженных ионов, называется **ионной**.

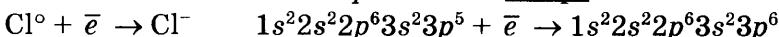
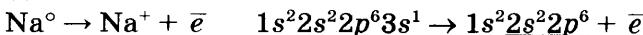
**Ионом** называют заряженную частицу, которая образуется при присоединении электрона к атому или молекуле или при отдаче электрона атомом или молекулой.

Соединения с ионной связью образуются при взаимодействии атомов, резко отличающихся по электроотрицательности. Например, при реакции щелочных или щелочноземельных металлов с кислородом или галогенами.

Рассмотрим, например, взаимодействие атомов натрия и хлора. Приведем электронные конфигурации этих атомов:



Видим, что это атомы с незавершенными внешними электронными оболочками. Атому натрия до получения завершенного внешнего уровня легче отдать 1 электрон, чем принять недостающие 7. Атому хлора, наоборот, легче принять недостающий восьмой электрон, чем отдать 7 электронов. Представим это схемами:



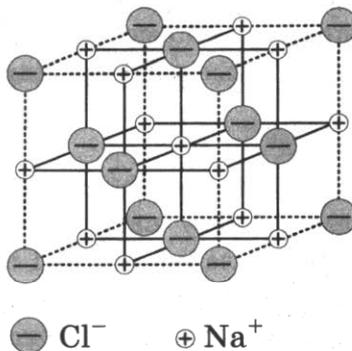
И в одном, и в другом случае получаются ионы с полностью завершенными 8-электронными внешними уровнями. Подобные частицы с полностью завершенными внешними уровнями обладают повышенной устойчивостью, это и является движущей силой образования ионных соединений.

Образовавшиеся ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  взаимодействуют и объединяются в ионную молекулу  $\text{NaCl}$ :



Для примера ионная связь присутствует также в таких соединениях, как  $\text{KI}$ ,  $\text{CsBr}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{BaF}_2$  и др.

Ионные молекулы существуют только в газовой фазе при высоких температурах. В твердом (кристаллическом состоянии) каждый положительно заряженный ион взаимодействует не с одним отрицательно заряженным ионом, а с множеством таких ионов. Это является следствием *ненаправленности* и *ненасыщаемости* ионной связи. В результате такого взаимодействия образуются ионные кристаллы, характеризующиеся регулярным, упорядоченным расположением ионов в пространстве. Так, в кристалле поваренной соли каждый ион натрия окружен шестью хлорид-ионами, а каждый хлорид-ион — шестью ионами натрия.



Разумеется, число ионов-«соседей» с противоположным зарядом может быть и иным, однако чередование катионов и анионов в пространстве является для кристаллов обязательным.

### Металлическая связь

Металлическая связь осуществляется между атомами с небольшим числом валентных электронов, слабо удерживаемых

ядром, и большим числом вакантных валентных орбиталей. Металлическая связь существует в твердых металлах и их сплавах.

В атомах металлов на внешнем уровне находится небольшое число электронов (один-два, реже — три). В то же время имеется относительно большое число свободных орбиталей на внешнем уровне. Так, у атома лития на один внешний электрон приходится три вакантные орбитали, в атоме натрия — на один внешний электрон приходится восемь вакантных орбиталей. Валентные электроны слабо удерживаются ядром и способны свободно перемещаться в пределах всех свободных орбиталей. В результате при образовании кристаллической решетки валентные орбитали соседних атомов перекрываются и электроны свободно перемещаются с одной орбитали на другую в пределах всего кристалла, осуществляя тем самым химическую связь между всеми атомами металла. Так и образуется металлическая связь. Таким образом, твердый металл представляет собой «каркас» из атомов и положительных ионов, находящихся в узлах кристаллической решетки и погруженных в «море» подвижных электронов.

Как и другие виды химической связи, металлическая связь также имеет электростатическую природу.

С особенностями металлической связи связаны такие свойства металлов, как высокие электро- и теплопроводность, характерный металлический блеск, ковкость и пластичность.

Основное отличие металлической связи от ковалентной связано с ненаправленностью металлической связи и ее меньшей прочностью.

Особо отметим, что металлическая связь реализуется только в кристаллических (твердых) металлах.

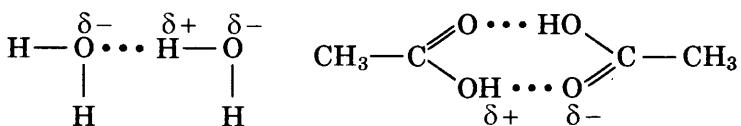
### **Водородная связь**

**Водородные связи** возникают преимущественно между молекулами, в состав которых входят атомы водорода и таких наиболее электроотрицательных элементов, как фтор, кислород, азот. Примерами таких веществ могут быть: HF, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>. Смещение общей электронной пары связи H—X к атому

более электроотрицательного элемента  $X$  (обозначено стрелкой) приводит к образованию значительного положительного заряда на атоме водорода. Такой атом водорода, взаимодействуя с неподеленной электронной парой соседнего атома  $Y$ , притягивает эту пару к себе с образованием второй, более слабой, а именно водородной связи:



Изображая водородную связь тремя точками, подчеркивают, что она менее прочная, чем обычная ковалентная связь. Несмотря на меньшую энергию водородной связи, именно за счет нее происходит ассоциация многих молекул с образованием димеров, тримеров и т. д., например:



Наличием водородной связи объясняют более высокую точку кипения воды по сравнению с водородными соединениями других элементов VIA группы, а также более высокую температуру кипения спиртов по сравнению с алканами и карбоновых кислот по сравнению со спиртами. Существенно влияние водородной связи и на ряд других свойств органических и неорганических веществ.

## Электроотрицательность. Степень окисления и валентность химических элементов

### Электроотрицательность

Электроотрицательность — это способность атома в соединении смещать к себе электронную плотность от соседних атомов. На практике часто используют шкалу относительных электроотрицательностей (ЭО) элементов, в которой ЭО лития принята равной 1, а ЭО фтора равна 4.

Таблица 4

Период	Группа						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	H 2,1						
2	Li 0,97	Be 1,47	B 2,01	C 2,50	N 3,07	O 3,50	F 4,10
3	Na 1,01	Mg 1,23	Al 1,47	Si 1,47	P 2,1	S 2,6	Cl 2,83
4	K 0,91	Ca 1,04	Ga 1,82	Ge 2,02	As 2,20	Se 2,48	Br 2,74
5	Rb 0,89	Sr 0,99					

Сопоставляя значения, приведенные в таблице 4, легко заметить, что электроотрицательность химических элементов изменяется периодически: в группе с увеличением заряда ядра ЭО уменьшается, а в периоде — возрастает. Электроотрицательность служит мерой неметалличности элементов — чем больше значение ЭО, тем сильнее элемент проявляет неметаллические свойства и тем менее выражены у него металлические свойства. Используя значения ЭО, можно установить направление перехода электронов в реакциях между простыми веществами. Например, углерод в реакции с водородом выступает как окислитель (принимает электроны), в то время как в реакции с хлором — как восстановитель (отдает электроны):



Это связано с различной ЭО элементов: углерод более электроотрицателен, чем водород, но менее электроотрицателен, чем хлор. Следовательно, чем больше значение ЭО элемента, тем сильнее его окислительные свойства.

## Валентность

Валентность характеризует способность атомов данного химического элемента к образованию химических связей. Ранее валентность определяли как число атомов одновалентного элемента, с которым соединяется один атом данного элемента. Так, водород считается типичным одновалентным элементом, кислород — двухвалентным. В настоящее время под валентностью понимают число электронных пар, которыми данный атом связан с другими атомами. Валентные возможности атома определяются числом:

- неспаренных электронов,
- неподеленных электронных пар,
- вакантных валентных орбиталей.

Рассмотрим валентные возможности атомов некоторых элементов.

Атом водорода имеет единственный валентный электрон, что отражает электронная формула  $1s^1$  или графическая формула

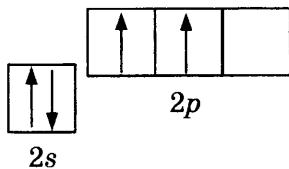


За счет неспаренного электрона атом водорода может образовать только одну ковалентную связь с каким-либо другим атомом  $X$  по механизму спаривания (или обобществления) электронов, что изображается графической формулой

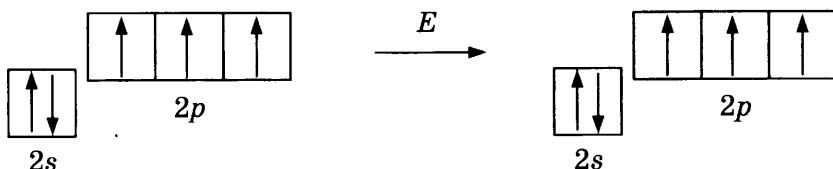
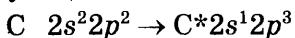


Другие валентные возможности у атома водорода отсутствуют. Поэтому водород проявляет единственную валентность, равную I.

Атом углерода, как элемент IVA группы, имеет четыре валентных электрона, что отражает электронная формула  $2s^22p^2$  или графическая формула

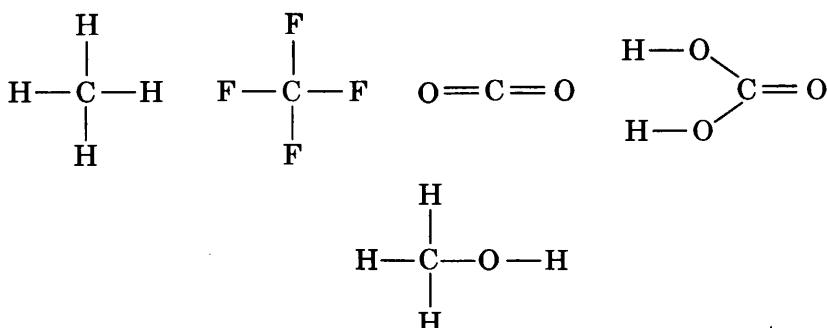


Очевидно, что атом углерода может быть двухвалентным, образуя две ковалентные связи за счет двух неспаренных электронов по механизму обобществления (спаривания) электронов. Однако наиболее многочисленны и устойчивы соединения углерода, в которых его валентность равна IV. Для образования четырех ковалентных связей атом углерода переходит из основного в **возбужденное состояние**, характеризующееся наличием четырех неспаренных электронов:

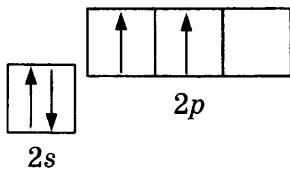


Переход в возбужденное состояние связан с некоторыми энергетическими затратами (примерно 402 кДж/моль), однако эти затраты полностью восполняются при образовании четырех ковалентных связей. Так, при образовании четырех связей C—H выделяется 1640 кДж/моль, при образовании четырех связей C—F выделяется 1910 кДж/моль.

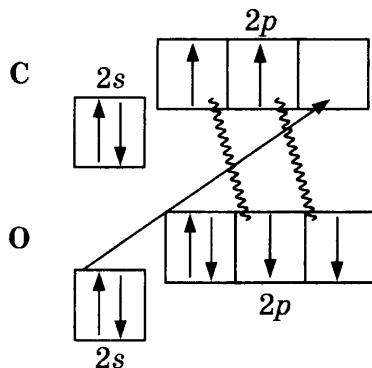
Валентность IV атом углерода имеет в соединениях: CH<sub>4</sub>, CF<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>OH и многих других.



Отдельно рассмотрим строение молекулы оксида углерода(II). В молекуле CO атом углерода образует три ковалентные связи. Рассмотрим еще раз электронную конфигурацию валентных электронов атома углерода в основном состоянии:



Атом углерода может образовать две ковалентные связи по механизму спаривания электронов (за счет двух неспаренных электронов на  $2p$ -подуровне) и еще одну связь — по донорно-акцепторному механизму (являясь акцептором за счет вакантной  $2p$ -орбитали).



На этой схеме две ковалентные связи, обозначенные волнистыми линиями, образованы по механизму спаривания (за счет двух неспаренных электронов атома углерода и двух неспаренных электронов атома кислорода), в то время как третья ковалентная связь, изображенная прямой стрелкой, образована по донорно-акцепторному механизму (атом кислорода — донор электронной пары, атом углерода — акцептор). Следовательно, валентность<sup>1</sup> углерода в молекуле CO равна III. Отсюда становится понятной современная структурная формула молекулы CO, отражающая ковалентность углерода, равную III:

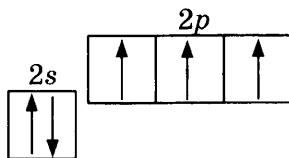


<sup>1</sup> В химии наряду с понятием валентность широко используется понятие *ковалентность*, то есть число ковалентных связей, образуемых данным атомом в молекуле.

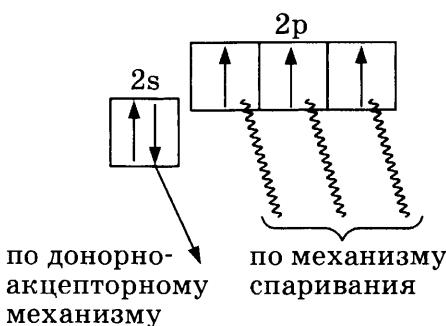
В этой формуле знаки «-» и «+» называются **формальными зарядами**, они показывают, что одна из связей образована по донорно-акцепторному механизму, причем электронная пара переходит с орбитали атома кислорода (поэтому на кислороде «+») на орбиталь углерода (поэтому на углероде «-»).

Следовательно, атом углерода может проявлять валентности (ковалентности), равные II, III и IV (последняя предпочтительней).

Элемент азот находится во 2-м периоде, в VA группе, следовательно, электронная конфигурация внешнего электронного уровня  $2s^22p^3$  или

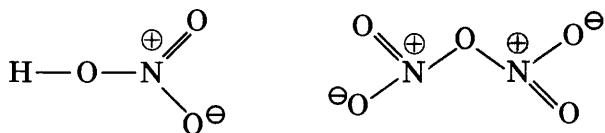


За счет трех неспаренных  $p$ -электронов атом азота может образовать максимально три ковалентные связи по механизму спаривания электронов. Еще одну связь, четвертую, атом азота может образовать по донорно-акцепторному механизму за счет неподеленной  $2s$ -электронной пары (являясь ее донором):

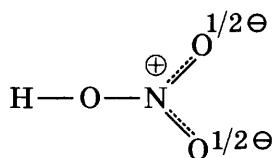


Поскольку во втором энергетическом (квантовом) слое нет вакантных орбиталей, то атом азота не может расспарить  $2s^2$ -электронную пару и повысить свои валентные возможности. Таким образом, атом азота может проявлять валентности I, II, III и IV, но не V! Азот не может быть пятивалентным! Даже в азотной кислоте и своем высшем оксида атом азота образует

только четыре ковалентные связи, являясь четырехвалентным, что видно из следующих структурных формул:

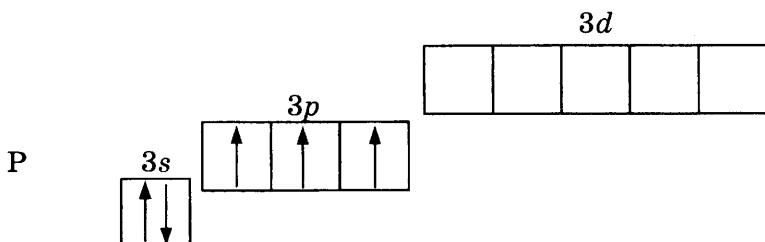


Более точно строение молекулы азотной кислоты передает формула с делокализованной  $\pi$ -связью:



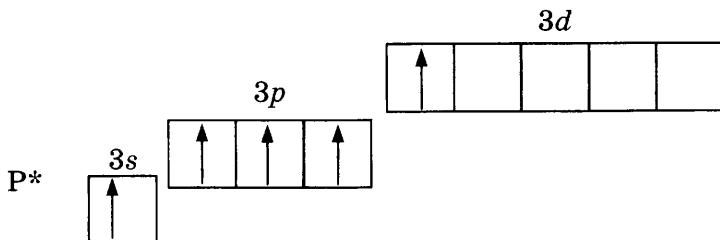
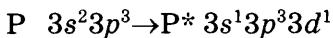
Делокализована не только  $\pi$ -связь, но и формальный заряд на атомах кислорода. Говорят, что в молекуле азотной кислоты кратность концевых связей NO равна 1,5 (1 $\sigma$  и 0,5 $\pi$ ). Подобные «половинные связи» существуют во многих молекулах (например, в озоне O<sub>3</sub>, бензоле C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> и др.).

Элемент фосфор, так же как и азот, находится в VA группе, в третьем периоде. В отличие от атома азота, атом фосфора может увеличить свои валентные возможности. Электронная конфигурация его валентных электронов 3s<sup>2</sup>3p<sup>3</sup> или:

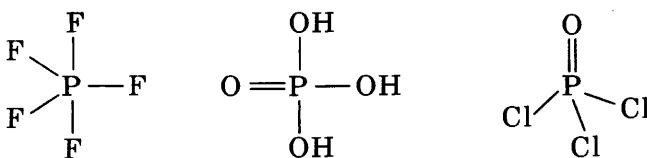


Как и азот, фосфор может проявлять валентности I, II, III и IV. Но, так как для элементов третьего периода доступны вакантные 3d-орбитали, атом фосфора может перейти в возбужденное состояние.

денное состояние, переведя один из  $s$ -электронов на  $d$ -подуровень:



Таким образом, атом фосфора может образовать пять ковалентных связей по механизму спаривания электронов. Валентность V фосфор проявляет в молекулах  $PF_5$ ,  $H_3PO_4$ ,  $POCl_3$  и др.



Итак, поскольку существует два механизма образования ковалентной связи (механизм спаривания электронов и донорно-акцепторный механизм), то валентные возможности атомов зависят, в первую очередь, от числа неспаренных электронов в данном атоме, во вторую очередь — от наличия вакантных атомных орбиталей во внешнем уровне, в третью — от числа неподеленных электронных пар. Валентность элементов первого периода не может превышать I, валентность элементов второго периода не может превышать IV.

### Степень окисления

**Степень окисления** — это условный заряд атома в соединении, вычисленный в предположении, что все связи в этом соединении ионные (т.е. все связывающие электронные пары полностью смещены к атому более электроотрицательного элемента). В отличие от валентности, степень окисления име-

ет знак — она может быть отрицательной, нулевой или положительной.

Для подсчета степеней окисления имеется несколько простых правил:

1. Степень окисления элемента в составе простого вещества принимается равной нулю. Если вещество находится в атомарном состоянии, то степень окисления его атомов также равна нулю.

2. Некоторые элементы проявляют в соединениях постоянную степень окисления. Среди них: фтор (-1), щелочные металлы (+1), щелочноземельные металлы, бериллий, магний и цинк (+2), алюминий (+3).

3. Кислород, как правило, проявляет степень окисления 2 за исключением пероксидов, например  $\text{H}_2\text{O}_2$  (-1) и фторида кислорода  $\text{OF}_2$  (+2).

4. Водород в соединении с металлами (в гидридах) проявляет степень окисления 1, а в соединениях с неметаллами, как правило, +1 (кроме  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{B}_2\text{H}_6$ ).

5. Алгебраическая сумма степеней окисления всех атомов в молекуле должна быть равной нулю, а в сложном ионе — заряду этого иона.

6. Высшая положительная степень окисления равна, как правило, номеру группы элемента в Периодической системе. Так, сера (элемент VIA группы) проявляет высшую степень окисления +6, азот (элемент VA группы) — высшую степень окисления +5, марганец — переходный элемент VIIIB группы — высшую степень окисления +7. Это правило не распространяется на элементы побочной подгруппы первой группы, степени окисления которых обычно превышают +1, а также на элементы побочной подгруппы VIII группы. Также не проявляют своих высших степеней окисления, равных номеру группы, элементы кислород и фтор.

7. Низшая отрицательная степень окисления для элементов-неметаллов определяется вычитанием номера группы из числа 8. Так, сера (элемент VI группы) проявляет низшую степень окисления 2, азот (элемент V группы) — низшую степень окисления 3.

На основании приведенных выше правил можно найти степень окисления элемента в любом веществе.

**Пример.** Найти степень окисления фосфора в кислотах  $\text{H}_3\text{PO}_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_3$ ,  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ .

Очевидно, что степень окисления водорода равна +1, кислорода 2. Обозначим степень окисления фосфора как  $q$ . Тогда можно записать:

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

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

$$4 \cdot (+1) + 2q + 7 \cdot (-2) = 0 \quad q = +5$$

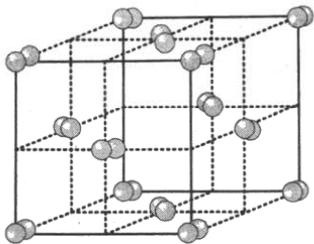
Таким образом, в фосфорноватистой кислоте  $\text{H}_3\text{PO}_2$  степень окисления фосфора равна +1, в фосфористой кислоте  $\text{H}_3\text{PO}_3$  +3, в пирофосфорной кислоте  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$  +5.

## **Вещества молекулярного и немолекулярного строения. Зависимость свойств веществ от особенностей их кристаллической решетки**

Все вещества могут быть разделены на вещества молекулярного и немолекулярного строения. Если большинство органических веществ имеют молекулярное строение, то неорганические вещества имеют преимущественно немолекулярное (ионное или атомное) строение.

**Вещества молекулярного строения** (рис. 3) состоят из отдельных молекул. Так, молекулярную природу имеют углеводороды, спирты, карбоновые кислоты, углеводы, многие простые вещества (водород  $\text{H}_2$ , кислород  $\text{O}_2$ , хлор  $\text{Cl}_2$ , сера  $\text{S}_8$ , белый фосфор  $\text{P}_4$ ), оксиды ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ), водородные соединения ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{NH}_3$ ), некоторые галогениды ( $\text{PCl}_3$ ,  $\text{TiCl}_4$ ) и т. д.

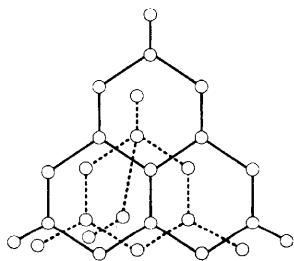
Атомы в молекуле связаны между собой прочными ковалентными связями, в то время как между отдельными молекулами действуют слабые межмолекулярные силы. В результате молекулярные кристаллические решетки обладают малой прочностью, а вещества с такими решетками имеют низкие температуры плавления и кипения, не проводят электрический ток.



*Рис. 3.* Молекулярная решетка иода I<sub>2</sub>

**Вещества немолекулярного строения** состоят из атомов или ионов и при обычных условиях бывают всегда твердыми. Твердые вещества, как правило, имеют кристаллическое строение. Оно характеризуется правильным расположением частиц в строго определенных точках пространства. Точки, в которых размещены частицы, называются **узлами кристаллической решетки**. В узлах воображаемой решетки могут находиться ионы, атомы или молекулы. В зависимости от вида частиц и характера связи между ними различают четыре типа кристаллических решеток: ионные, атомные, молекулярные и металлические.

Кристаллические решетки, в узлах которых находятся отдельные атомы, называются **атомными**. Атомы в таких решетках соединены между собой прочными ковалентными связями. Примером может служить алмаз — одна из аллотропных модификаций углерода. Кристалл алмаза состоит из атомов углерода, каждый из которых связан с четырьмя соседними атомами (рис. 4).



*Рис. 4.* Кристаллическая решетка алмаза

Отдельных молекул в решетке алмаза нет, весь кристалл представляет собой одну гигантскую молекулу. Атомная кри-

сталлическая решетка характерна для бора, кремния, германия, некоторых карбидов ( $\text{SiC}$ ) и оксидов ( $\text{SiO}_2$ ).

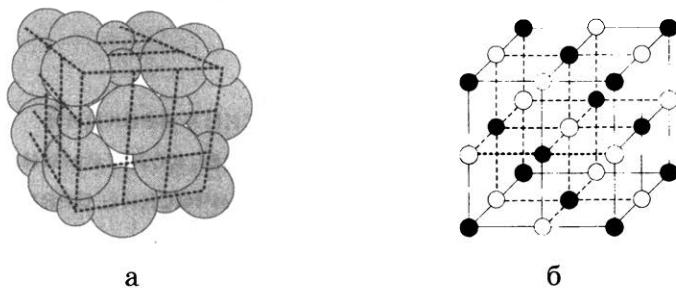


Рис. 5. Кристаллическая решетка хлорида натрия (а) и ее схематическое изображение (б)

Вещества с атомной кристаллической решеткой имеют достаточно высокие температуры плавления, обладают высокой твердостью (кроме графита), нерастворимы в воде или других растворителях, химически мало активны.

Кристаллические решетки, состоящие из ионов, называются **ионными**. Их образуют вещества с ионной связью. Примером может служить кристалл хлорида натрия, в котором каждый ион натрия окружен шестью хлорид-ионами, а каждый хлорид-ион — шестью ионами натрия (рис. 5).

Очень часто при изображении кристаллических решеток указывают только взаимное расположение частиц, но не их размеры, как это показано на рисунке 5б.

Так же, как и в алмазе, в кристалле хлорида натрия нельзя выделить отдельные молекулы соли. Весь кристалл следует рассматривать как одну гигантскую макромолекулу, состоящую из равного числа ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ . Отдельные ионные молекулы  $\text{NaCl}$  могут существовать только в газовой фазе при высоких температурах.

Связи между ионами в ионном кристалле весьма прочны. Поэтому вещества с ионной решеткой обладают сравнительно высокой твердостью. Они тугоплавки и малолетучи. Ионные соединения, как правило, легко растворяются в полярных жидкостях (например, в воде), их расплавы и водные растворы проводят электрический ток.

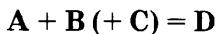
Вещества с металлической связью образуют **металлическую кристаллическую решетку**, имеют хорошие электро- и теплопроводность, обладают характерным металлическим блеском, ковкостью.

## **Классификация химических реакций в неорганической и органической химии. Обратимые и необратимые химические реакции. Смещение равновесия**

Химические реакции могут быть сгруппированы по определенным классификационным признакам.

### *По числу и составу реагентов и конечных веществ*

**Реакции соединения.** При реакциях соединения из нескольких реагирующих веществ образуется одно вещество более сложного состава:

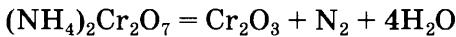
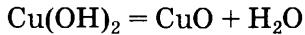


Как правило, эти реакции сопровождаются выделением теплоты, т.е. приводят к образованию более устойчивых и менее «богатых» энергией соединений.

Например,  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

**Реакции разложения.** Реакции разложения приводят к образованию нескольких соединений из одного сложного вещества:  $A = B + C + D$

Продуктами разложения сложного вещества могут быть как простые, так и сложные вещества.



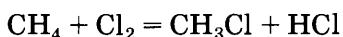
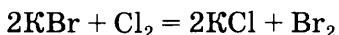
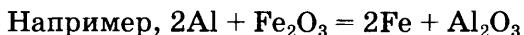
Реакции разложения углеводородов в органической химии называются **крекингом**:  $\text{C}_{18}\text{H}_{38} = \text{C}_9\text{H}_{18} + \text{C}_9\text{H}_{20}$ , или имеют приставку **де-**, например **реакция дегидрирования**:



**Реакции замещения.** При реакциях замещения обычно простое вещество взаимодействует со сложным, образуя другое простое вещество и другое сложное:



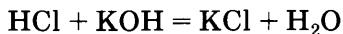
Эти реакции в подавляющем большинстве принадлежат к окислительно-восстановительным.



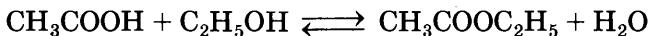
**Реакциями обмена** называют реакции между двумя соединениями, которые обмениваются между собой своими составными частями:  $AB + CD = AD + CB$



Частный случай реакций обмена — **реакции нейтрализации**, например



Взаимодействие между кислотой и спиртом, сопровождающееся образованием сложного эфира, получило название **реакции этерификации**:



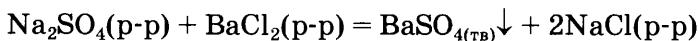
### *По изменению степени окисления*

**Окислительно-восстановительные реакции.** В этих реакциях происходит изменение степени окисления атомов элементов, входящих в состав реагирующих веществ.

Например,



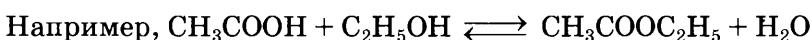
### **Реакции, протекающие без изменения степени окисления**



## *По обратимости: обратимые и необратимые химические реакции*

Обратимыми называют такие химические процессы, продукты которых способны реагировать друг с другом в тех же условиях, в которых они получены, с образованием исходных веществ.

Для обратимых реакций уравнение принято записывать следующим образом:  $A + B \rightleftharpoons AB$ . (Две противоположно направленные стрелки указывают на то, что при одних и тех же условиях одновременно протекает как прямая, так и обратная реакция.)



Смещение химического равновесия определяется принципом Ле-Шателье.

Формулировка *принципа Ле-Шателье*: если на систему, находящуюся в состоянии химического равновесия, оказывать внешнее воздействие, то равновесие смещается в сторону, ослабляющую это воздействие. Под внешним воздействием понимают:

- изменение концентрации веществ, участвующих в реакции (как реагентов, так и продуктов);
- изменение давления в системе;
- изменение температуры.

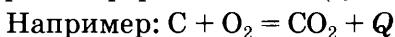
Таким образом, повлиять на состояние химического равновесия можно, изменив один из этих трех факторов.

Необратимыми называют такие химические процессы, продукты которых не способны реагировать друг с другом с образованием исходных веществ.

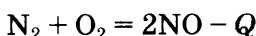


## *По знаку теплового эффекта*

Экзотермические реакции, протекающие с выделением энергии в форме теплоты ( $Q > 0, H < 0$ ).



Эндотермические реакции, протекающие с поглощением энергии в форме теплоты ( $Q < 0, H > 0$ ):



## **По числу фаз**

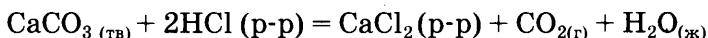
Под **фазой** понимают совокупность однородных частей системы с одинаковыми физическими и химическими свойствами и отделенных друг от друга поверхностью раздела. Все многообразие реакций с этой точки зрения можно разделить на два класса:

**Гомогенные** (однофазные) реакции. К ним относят реакции, протекающие в газовой фазе, и целый ряд реакций, протекающих в растворах.

Например:  $2\text{H}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$

**Гетерогенные** (многофазные) реакции: это реакции, в которых реагенты и продукты реакции находятся в разных фазах.

Например:



## **Электролитическая диссоциация электролитов в водных растворах. Сильные и слабые электролиты. Реакции ионного обмена**

Вещества, распадающиеся на ионы в растворах или расплавах и потому проводящие электрический ток, называются **электролитами**.

Вещества, которые в тех же условиях на ионы не распадаются и электрический ток не проводят, называются **неэлектролитами**.

К электролитам относятся кислоты, основания и почти все соли; к неэлектролитам — большинство органических соединений, а также вещества, в молекулах которых имеются только ковалентные неполярные или малополярные связи.

Электролиты — проводники второго рода. В растворе или расплаве они распадаются на ионы, благодаря чему и протекает ток. Очевидно, чем больше ионов в растворе, тем лучше он проводит электрический ток. Чистая вода электрический ток проводит очень плохо.

Распад электролитов на ионы при растворении их в воде называется **электролитической диссоциацией**.

Поскольку электролитическая диссоциация — процесс обратимый, то в растворах электролитов наряду с их ионами присутствуют и молекулы. Поэтому растворы электролитов характеризуются степенью диссоциации (обозначается греческой буквой альфа —  $\alpha$ ).

**Степень диссоциации** — это отношение числа распавшихся на ионы молекул  $N'$  к общему числу растворенных молекул  $N$ :

$$\alpha = N' / N$$

Степень диссоциации электролита определяется опытным путем и выражается в долях единицы или в процентах. Если  $\alpha = 0$ , то диссоциация отсутствует, а если  $\alpha = 1$  или 100%, то электролит полностью распадается на ионы. Если же  $\alpha = 20\%$ , то это означает, что из 100 молекул данного электролита 20 распалось на ионы.

Различные электролиты имеют различную степень диссоциации. Опыт показывает, что она зависит от концентрации электролита и от температуры. С уменьшением концентрации электролита, т.е. при разбавлении его водой, степень диссоциации всегда увеличивается. Как правило, увеличивает степень диссоциации повышение температуры. По степени диссоциации электролиты делят на сильные и слабые.

**Сильные электролиты** при растворении в воде диссоциируют на ионы. К ним относятся:

1) почти все соли;

2) многие минеральные кислоты, например  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $HCl$ ,  $HBr$ ,  $HI$ ,  $HMnO_4$ ,  $HClO_3$ ,  $HClO_4$ ;

3) основания щелочных и щелочноземельных металлов.

Так, хлорид натрия  $NaCl$  при растворении в воде полностью распадается на ионы натрия  $Na^+$  и хлорид-ионы  $Cl^-$ .

**Слабые электролиты** при растворении в воде лишь частично диссоциируют на ионы и поэтому не могут дать большой концентрации ионов в растворе. К ним относят:

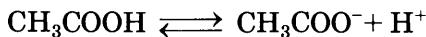
1) почти все органические кислоты;

2) некоторые минеральные кислоты, например  $H_2CO_3$ ,  $H_2S$ ,  $HNO_2$ ,  $HClO$ ,  $H_2SiO_3$ ;

3) многие основания металлов (кроме оснований щелочных и щелочноземельных металлов), а также  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;

4) воду.

Рассмотрим смещение равновесия, устанавливающегося между недиссоциированными молекулами и ионами при электролитической диссоциации слабого электролита — уксусной кислоты:



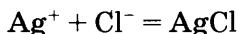
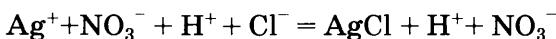
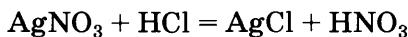
При разбавлении раствора уксусной кислоты водой равновесие смещается в сторону образования ионов, — степень диссоциации кислоты увеличивается. Наоборот, при упаривании раствора равновесие смещается в сторону образования молекул кислоты — степень диссоциации уменьшается.

**Реакции ионного обмена** — это реакции, протекающие между электролитами.

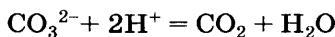
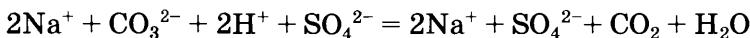
Необходимыми условиями протекания реакций ионного обмена до конца являются: выпадение осадка, выделение газа, образование малодиссоциирующего вещества (например, воды).

Рассмотрим эти три случая:

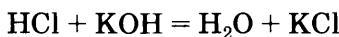
1) *образование осадка*



2) *образование малорастворимых газообразных веществ*



3) *образование малодиссоциирующих веществ (слабых электролитов)*



## **Гидролиз солей. Среда водных растворов**

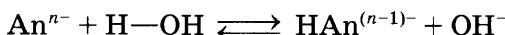
Взаимодействие солей с водой, приводящее к появлению кислотной или щелочной среды в водном растворе, но не сопровождающееся образованием осадков или газов, называется обратимым гидролизом. В водном растворе соль сначала диссоциирует на катионы и анионы. Если среди образовавшихся ионов присутствует катион слабого основания, то протекает гидролиз по катиону, а если анион слабой кислоты — по аниону.

### ***Гидролиз по катиону***



Этому гидролизу подвергаются соли, образованные катионом слабого основания и анионом сильной кислоты, в результате образуются ионы водорода (среда раствора кислая pH < 7,0). Например:  $\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{FeOH}^{2+} + \text{H}^+$

### ***Гидролиз по аниону***



Этому гидролизу подвергаются соли, образованные катионом сильного основания и анионом слабой кислоты, в результате образуются гидроксид-ионы (среда раствора щелочная pH > 7,0). Например:  $\text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^-$

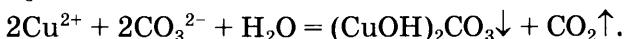
### ***Полный гидролиз***

Полному гидролизу подвергаются соли, образованные анионом слабой кислоты и катионом слабого основания. Полному гидролизу подвергаются обычно соли газообразных или неустойчивых кислот: сероводородной, угольной, отчасти сернистой. Например:  $\text{Al}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{H}_2\text{S} \uparrow$ .

К ним примыкают такие вещества, как: нитриды, фосфиры, карбиды. Полностью гидролизуются также алкоголяты.

Полностью гидролизующиеся соли: карбонаты, сульфиды алюминия, хрома (III), железа (III) — нельзя получить реакциями обмена в водных растворах. Вместо ожидаемых про-

дуктов в результате реакции мы получим продукты гидролиза. Гидролиз осложняет протекание многих других реакций обмена. Так, при взаимодействии карбоната натрия с сульфатом меди в осадок обычно выпадает основной карбонат меди  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ :



Для полностью гидролизующихся солей в таблице растворимости стоит прочерк. Однако он может стоять и по другим причинам: вещество не изучено, разлагается в ходе окисительно-восстановительной реакции и т.п.

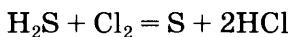
## Окислительно-восстановительные реакции

Окислительно-восстановительные реакции — это химические реакции, протекающие с изменением степеней окисления атомов, входящих в состав реагирующих веществ.

В процессе окислительно-восстановительной реакции восстановитель отдает электроны, т.е. *окисляется*; окислитель присоединяет электроны, т.е. *восстанавливается*. Причем любая окислительно-восстановительная реакция представляет собой единство двух противоположных превращений — окисления и восстановления, происходящих одновременно и без отрыва одного от другого. К типичным (сильным) окислителям относят:  $\text{F}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.),  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{PbO}_2$  и др. К типичным (сильным) восстановителям относят:  $\text{H}_2$ , С (графит),  $\text{Zn}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{KI}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}$  и другие.

Окислительно-восстановительные реакции могут быть нескольких видов.

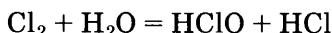
**Межмолекулярные** — реакции, в которых окисляющиеся и восстанавливающиеся атомы находятся в молекулах разных веществ. Например:



**Внутrimолекулярные** — реакции, в которых окисляющиеся и восстанавливающиеся атомы находятся в молекулах одного и того же вещества. Например:



**Диспропорционирования** (самоокисление-самовосстановление) — реакции, в которых атомы одного элемента и окисляются, и восстанавливаются (повышают степень окисления и понижают). Например:



Расстановку коэффициентов в уравнениях окислительно-восстановительных реакций осуществляют методом электронного баланса или методом полуреакций.

### Метод электронного баланса

Составим уравнение реакции взаимодействия оксида марганца (IV) с концентрированной соляной кислотой (лабораторный способ получения хлора):

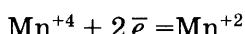
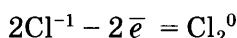


Покажем изменение степеней окисления атомов:



Это окислительно-восстановительная реакция, так как в ходе реакции изменяются степени окисления атомов хлора и марганца.  $\text{HCl}$  — восстановитель,  $\text{MnO}_2$  — окислитель.

Составляем электронные уравнения:



Находим коэффициенты при восстановителе и окислителе. Они соответственно равны 2 и 1. Коэффициент 2 (а не 1) становится потому, что 2 атома хлора со степенью окисления 1 отдают 2 электрона. Этот коэффициент уже стоит в электронном уравнении, его же мы и переносим в молекулярное уравнение:



Находим коэффициенты для других реагирующих веществ.

Из электронных уравнений видно, что на 2 моль  $\text{HCl}$  приходится 1 моль  $\text{MnO}_2$ . Однако, учитывая, что для связывания

образующегося двухзарядного иона марганца нужно еще 2 моль кислоты, перед восстановителем следует поставить коэффициент 4. Тогда воды получится 2 моль. Окончательное уравнение имеет вид:



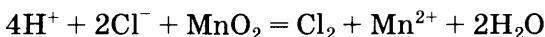
Проверку правильности написания уравнения можно ограничить подсчетом числа атомов одного какого-либо элемента, например, хлора: в левой части 4 и в правой  $2 + 2 = 4$ .

Поскольку в методе электронного баланса изображаются уравнения реакций в молекулярной форме, то после составления и проверки их следует написать в ионной форме.

Перепишем составленное уравнение в ионной форме:



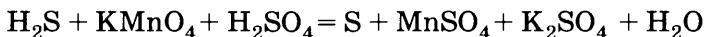
После сокращения одинаковых ионов в обеих частях уравнения получим краткое ионное уравнение



### Метод полуреакций

Как показывает название, этот метод основан на составлении ионных уравнений для процесса окисления и процесса восстановления с последующим суммированием их в общее уравнение.

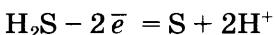
В качестве примера составим уравнение для схемы реакции:



При пропускании сероводорода  $\text{H}_2\text{S}$  через подкисленный раствор перманганата калия  $\text{KMnO}_4$  малиновая окраска исчезает и раствор мутнеет. Опыт показывает, что помутнение раствора происходит в результате образования элементной серы, т.е. протекания процесса:

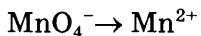


Эта схема уравнена по числу атомов. Для уравнивания по числу зарядов надо от левой части схемы отнять два электрона, после чего можно стрелку заменить на знак равенства:

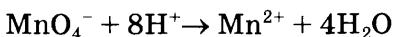


Это первая полуреакция — процесс окисления восстановителя  $\text{H}_2\text{S}$ .

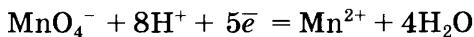
Обесцвечивание раствора связано с переходом иона  $\text{MnO}_4^-$  (он имеет малиновую окраску) в ион  $\text{Mn}^{2+}$  (практически бесцветный и лишь при большой концентрации имеет слаборозовую окраску), что можно выразить схемой:



В кислом растворе кислород, входящий в состав ионов  $\text{MnO}_4^-$ , вместе с ионами водорода в конечном итоге образует воду. Поэтому процесс перехода записываем так:

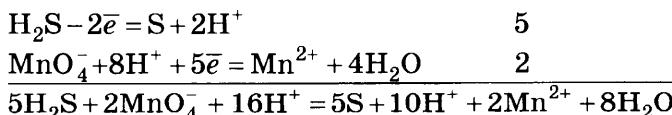


Чтобы стрелку заменить на знак равенства, надо уравнять и заряды. Поскольку исходные вещества имеют семь положительных зарядов ( $7+$ ), а конечные — два положительных ( $2+$ ), то для выполнения условия сохранения зарядов надо к левой части схемы прибавить пять электронов:

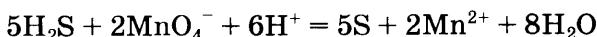


Это вторая полуреакция — процесс восстановления окислителя, т.е. перманганат-иона.

Для составления общего уравнения реакции надо уравнения полуреакций почленно сложить, предварительно уравняв числа отдельных и полученных электронов. В этом случае по правилам нахождения наименьшего кратного определяют соответствующие множители, на которые умножаются уравнения полуреакций. Сокращенно запись проводится так:

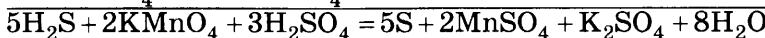
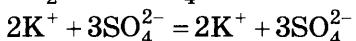
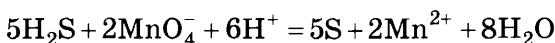


И, сократив на  $10\text{H}^+$  левую и правую часть уравнения, получим:



Проверяем правильность составленного в ионной форме уравнения: число атомов кислорода в левой части 8, в правой 8; число зарядов: в левой части  $(2^-) + (6^+) = 4^+$ , в правой  $2(2^+) = 4^+$ . Уравнение составлено правильно, так как атомы и заряды уравнены.

Методом полуреакций составляется уравнение реакции в ионной форме. Чтобы от него перейти к уравнению в молекулярной форме, поступаем так: в левой части ионного уравнения к каждому аниону подбираем соответствующий катион, а к каждому катиону — анион. Затем те же ионы в таком же числе записываем в правую часть уравнения, после чего ионы объединяем в молекулы:



Таким образом, составление уравнений окислительно-восстановительных реакций с помощью метода полуреакций приводит к тому же результату, что и метод электронного баланса.

Сопоставим оба метода. Достоинство метода полуреакций по сравнению с методом электронного баланса в том, что в нем применяются не гипотетические ионы, а реально существующие. В самом деле, в растворе присутствуют ионы  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ .

При методе полуреакций не нужно знать степень окисления атомов. Написание отдельных ионных уравнений полуреакций необходимо для понимания химических процессов в гальваническом элементе и при электролизе. При этом методе видна роль среды как активного участника всего процесса. Наконец, при использовании метода полуреакций не нужно знать все получающиеся вещества, они появляются в уравнении реакции при его выводе. Поэтому методу полуреакций следует отдать предпочтение и применять его при составлении уравнений всех окислительно-восстановительных реакций, протекающих в водных растворах.

## **Электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей, кислот)**

Совокупность окислительно-восстановительных реакций, которые протекают на электродах в растворах или расплавах электролитов при пропускании через них электрического тока, называют **электролизом**.

На катоде источника тока происходит процесс передачи электронов катионам из раствора или расплава, поэтому катод является «восстановителем». На аноде происходит отдача электронов анионами, поэтому анод является «окислителем».

При электролизе, как на аноде, так и на катоде, могут происходить конкурирующие процессы.

При проведении электролиза с использованием инертного (нерасходуемого) анода (например, графита или платины), как правило, конкурирующими являются два окислительных и восстановительных процесса: на аноде — окисление анионов и гидроксид-ионов, на катоде — восстановление катионов и ионов водорода.

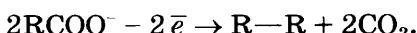
При выборе наиболее вероятного процесса на аноде и катоде исходят из положения, что протекает та реакция, которая требует наименьшей затраты энергии. При электролизе растворов солей с инертным электродом руководствуются следующими правилами.

1. На аноде могут образовываться следующие продукты:

а) при электролизе растворов, содержащих анионы  $F^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $OH^-$  выделяется кислород;

б) при окислении галогенид-ионов образуются галогены —  $Hal_2$ ;

в) при окислении анионов органических кислот происходит процесс:



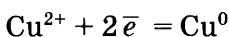
2. При электролизе растворов солей, содержащих ионы, расположенные в ряду напряжений левее  $Al^{3+}$ , на катоде выделяется водород; если ион расположен правее водорода, то выделяется металл.

3. При электролизе растворов солей, содержащих ионы, расположенные между  $\text{Al}^{3+}$  и  $\text{H}^+$ , на катоде могут протекать конкурирующие процессы как восстановления катионов, так и выделения водорода.

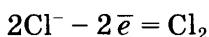
Рассмотрим в качестве примера электролиз водного раствора хлорида меди на инертных электродах. В растворе находятся ионы  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Cl}^-$ , которые под действием электрического тока направляются к соответствующим электродам:



(–) Катод

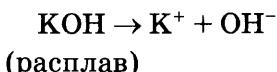


Анод (+)

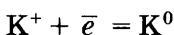


На катоде выделяется металлическая медь, на аноде — газообразный хлор.

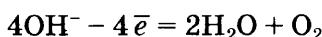
Для получения высокоактивных металлов (калия, алюминия и др.), легко вступающих во взаимодействие с водой, применяют электролиз расплава солей оксидов или гидроксидов. Например:



(–) Катод



Анод (+)



При электролизе водного раствора соли активного металла кислородсодержащей кислоты (например,  $\text{KNO}_3$ ) ни катионы металла, ни анионы кислотного остатка не разряжаются. На катоде выделяется водород, а на аноде — кислород, и электролиз раствора нитрата калия сводится к электролитическому разложению воды.

## Скорость химической реакции

Скорость реакции определяется изменением молярной концентрации одного из реагирующих веществ.

Реакции происходят при столкновении молекул реагирующих веществ. Скорость реакции определяется числом столкновений и вероятностью того, что они приведут к пре-

вращению веществ. Число столкновений определяется концентрациями реагирующих веществ, а вероятность реакции — энергией сталкивающихся молекул.

### *Факторы, влияющие на скорость химических реакций*

**Природа реагирующих веществ.** Большую роль играет характер химических связей и строение молекул реагентов. Реакции протекают в направлении разрушения менее прочных связей и образования веществ с более прочными связями.

**Концентрация.** С увеличением концентрации (числа частиц в единице объема) чаще происходят столкновения молекул реагирующих веществ — скорость реакции возрастает.

**Температура.** При повышении температуры на каждые  $10^{\circ}\text{C}$  скорость реакции возрастает в 2–4 раза (*правило Ван-Гоффа*).

**Поверхность соприкосновения реагирующих веществ.** Для гетерогенных систем (когда вещества находятся в разных агрегатных состояниях), чем больше поверхность соприкосновения, тем быстрее протекает реакция. Поверхность твердых веществ может быть увеличена путем их измельчения, а для растворимых веществ — путем их растворения.

**Участие катализаторов.** Вещества, которые участвуют в реакциях и увеличивают ее скорость, оставаясь к концу реакции неизменными, называются **катализаторами**. Механизм действия катализаторов связан с уменьшением энергии активации реакции за счет образования промежуточных соединений. Резко замедлить протекание нежелательных химических процессов в ряде случаев можно, добавляя в реакционную среду **ингибиторы**.

## **1.2. Задания с комментариями и решениями**

**Задание 1.** Хлорид-иону соответствует электронная формула

- 1)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
- 2)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
- 3)  $1s^2 2s^2 2p^6$
- 4)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

Вспомним, что ионы — это заряженные частицы. Формула хлорид-иона  $\text{Cl}^-$ . Заряд минус указывает на то, что к атому хлора присоединился 1 электрон. В Периодической системе хлор расположен в 3-м периоде VIIA группе. Электронная конфигурация атома Cl:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ .

После присоединения 1 электрона атом хлора превращается в хлорид-ион, электронная конфигурация которого:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ .

*Ответ: 1*

**Задание 2.** Атому, электронная конфигурация внешнего уровня которого  $ns^2 np^3$ , соответствует общая формула высшего оксида

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1) $\text{R}_2\text{O}_3$ | 3) $\text{R}_2\text{O}_7$ |
| 2) $\text{R}_2\text{O}_5$ | 4) $\text{RO}_3$          |

Вспомним, что суммарное число электронов на внешнем энергетическом уровне, как правило, равно максимальной степени окисления атома. В свою очередь, максимальная степень окисления элемента почти всегда соответствует номеру группы, в которой этот элемент расположен.

Согласно условию задания сумма электронов на внешнем уровне атома равна 5 ( $2 + 3$ ), следовательно, максимальная степень окисления равна +5. Учитывая, что степень окисления кислорода в оксидах равна -2, составляем формулу высшего оксида:  $\text{R}_2\text{O}_5$ .

*Ответ: 2*

**Задание 3.** Число электронов в атоме элемента 2-го периода, общая формула водородного соединения которого  $RH_4$ , равно

- |      |      |
|------|------|
| 1) 8 | 3) 6 |
| 2) 2 | 4) 4 |

Вначале определим высшую степень окисления элемента (или валентность), образующего водородное соединение: она равна  $-4$ . Следовательно, элемент расположен во втором периоде 4-й группе: это углерод. Порядковый номер 6, и суммарное число электронов равно 6.

*Ответ:* 3

**Задание 4.** Иону  $Mn^{2+}$  соответствует электронная конфигурация внешнего энергетического уровня

- 1)  $3s^23p^6$
- 2)  $3s^23p^4$
- 3)  $4s^23d^3$
- 4)  $3s^23p^5$

Анализ вариантов ответов начнем с определения положения марганца в Периодической системе химических элементов: марганец является элементом 4-го периода VIIБ группы. Это означает, что у него заполняются электронами  $3d$ - и  $4s$ -подуровни. В основном состоянии строению атома марганца соответствует электронная конфигурация внешнего уровня  $4s^23d^5$ . С учетом заряда иона, который свидетельствует об отдаче двух электронов атомом, заряд иона марганца равен  $2+$ , следовательно, электронная конфигурация внешнего энергетического уровня  $4s^23d^3$ .

При решении данного задания можно исходить и из суммарного числа электронов в атоме марганца. Его можно определить по порядковому номеру — 25. Вычтя из 25 два (заряд иона), приходим к выводу, что в ионе марганца ( $Mn^{2+}$ ) 23 электрона. У атома аргона (порядковый номер 18), имеющего завершенную конфигурацию третьего энергетического уровня, всего 18 электронов и строение внешнего уровня  $3s^23p^6$ . Добавив еще 5 электронов (2 на  $4s$  и 3 на  $3d$ -подуровни), приходим к той же электронной конфигурации  $4s^23d^3$ .

*Ответ:* 3

**Задание 5.** В ряду элементов Mg → Ca → Sr

- 1) уменьшается радиус атомов
- 2) возрастает способность атомов отдавать электроны
- 3) уменьшается число энергетических уровней
- 4) увеличивается электроотрицательность

Химические элементы, приведенные в данном ряду, находятся во IIА группе и расположены в порядке увеличения их атомных номеров (по группе сверху вниз). Согласно закономерности изменения свойств по группе с увеличением номера периода увеличивается число энергетических уровней в атомах, возрастает атомный радиус элементов и, как следствие этого, увеличивается легкость отдачи валентных электронов, а способность притягивать электроны, т.е. электроотрицательность элементов, ослабевает. Следовательно, правильный ответ 2.

*Ответ: 2*

**Задание 6.** Наиболее сильные кислотные свойства проявляет водородное соединение

- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 1) H <sub>2</sub> O | 3) H <sub>2</sub> S |
| 2) NH <sub>3</sub>  | 4) PH <sub>3</sub>  |

Определим положение неметаллов, образующих соединения с водородом в Периодической системе. Азот и фосфор — элементы V группы, кислород и сера — элементы VI группы. Кроме того, азот и кислород — элементы 2-го периода, фосфор и сера — элементы 3-го периода.

В периоде с возрастанием электроотрицательности центрального атома кислотные свойства водородных соединений возрастают слева направо. Значит, вода проявляет более сильные кислотные свойства, чем аммиак, а сероводород — более сильная кислота, чем фосфин.

По группе кислотность водородных соединений возрастает сверху вниз вместе с уменьшением прочности связи элемент — водород. Следовательно, кислотные свойства фосфина более выражены, чем у аммиака, а у сероводорода — более выражены по сравнению с водой.

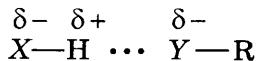
Сопоставляя все сказанное, приходим к выводу, что наиболее сильные кислотные свойства проявляет сероводород.

*Ответ: 3*

### **Задание 7. Водородная связь образуется между молекулами**

- |                                  |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| 1) C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> | 3) CH <sub>3</sub> Cl  |
| 2) CH <sub>3</sub> COOH          | 4) CH <sub>3</sub> CHO |

Напомним, что водородная связь образуется между положительно заряженным атомом водорода и отрицательно заряженными атомами наиболее электроотрицательных элементов (F, O, N):



Из перечисленных веществ только в молекуле уксусной кислоты, в которой атом кислорода интенсивно смещает к себе электронную плотность от атома водорода, образуется большой положительный заряд. Во всех остальных случаях атом водорода связан ковалентной связью с атомом углерода, а эта связь малополярна из-за близости электроотрицательности этих двух элементов. Таким образом, водородная связь может реализоваться только между молекулами уксусной кислоты.

*Ответ: 2*

### **Задание 8. Соединениями с ковалентной полярной и ковалентной неполярной связью являются соответственно**

- 1) вода и сероводород
- 2) бромид калия и азот
- 3) аммиак и водород
- 4) кислород и метан

Обратим внимание на слово «соответственно», которое подчеркивает, что вещества с соответствующими видами связи должны быть расположены в паре в указанном порядке.

Составим формулы названных веществ:

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1) HBr и SO <sub>2</sub>              | 3) N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> и H <sub>2</sub> |
| 2) CaF <sub>2</sub> и Cl <sub>2</sub> | 4) O <sub>2</sub> и CCl <sub>4</sub>              |

Ковалентная неполярная связь образуется фактически между атомами одного и того же элемента, т.е. в молекулах простых веществ-неметаллов. Поэтому исключим вариант ответа 1, в котором оба вещества являются сложными. Не может быть правильным и ответ 4, т.к. вещество с ковалентной неполярной связью записано в нем первым.

Ковалентная полярная связь образуется в сложных веществах между атомами, несильно различающимися по электроотрицательности. Этому критерию не соответствует вариант ответа 2, т.к. фторид кальция — вещество с ионной связью.

*Ответ: 3*

**Задание 9.** В каком ряду все вещества имеют ковалентную полярную связь?

- |   |   |
|---|---|
| 1) HCl, K <sub>2</sub> O, Cl <sub>2</sub>             | 3) H <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , CCl <sub>4</sub> |
| 2) O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, SO <sub>2</sub> | 4) NaBr, H <sub>2</sub> S, Cu                           |

Проанализируем все варианты ответов «по вертикали», т.е. обратим внимание на первые вещества каждого ряда, затем вторые и т.д.

Отмечаем, что в молекуле кислорода связь ковалентная неполярная, а в бромиде натрия — ионная. Значит, варианты ответов 2 и 4 уже не являются правильными, поскольку, согласно условию задания, *все три* вещества ряда должны иметь ковалентную полярную связь.

В варианте ответа 1 оксид калия также имеет ионную связь. Остается ответ 3, где все три вещества образованы атомами неметаллов с разной электроотрицательностью, т.е. имеют ковалентные полярные связи.

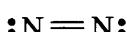
*Ответ: 3*

**Задание 10.** Тремя общими электронными парами образована ковалентная связь в молекуле

- |            |                 |
|------------|-----------------|
| 1) азота   | 3) сероводорода |
| 2) этилена | 4) метана       |

Для выполнения задания целесообразно вспомнить строение атомов, образующих указанные в задании вещества, составить молекулярные, а еще лучше структурные формулы веществ.

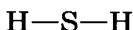
Атом азота с электронной конфигурацией валентных электронов  $2s^2 2p^3$  имеет три неспаренных электрона. За счет спаривания этих электронов с тремя электронами другого атома азота образуется молекула N<sub>2</sub>, содержащая тройную связь (три общие электронные пары):



Это и есть верный ответ. Но необходимо проверить и другие варианты ответа.

Формула этилена  $\text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2$ . Углерод четырехвалентен. Две связи каждого из атомов углерода образуются с водородом, а еще двумя связями атомы углерода соединены между собой. Ответ неверный.

Атом серы имеет два неспаренных электрона, которые участвуют в образовании двух химических связей с атомами водорода. Всего в молекуле  $\text{H}_2\text{S}$  две связи, но каждая связь — одинарная (т.е. образованная одной электронной парой):



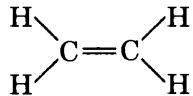
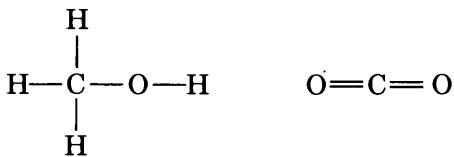
Атом углерода в молекуле  $\text{CH}_4$  образует 4 ковалентные связи, и каждая из этих связей образована одной парой электронов.

*Ответ: 1*

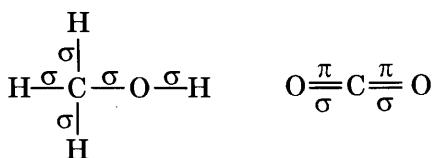
**Задание 11.** Только  $\sigma$ -связями соединены атомы в молекуле

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1) $\text{CH}_3\text{OH}$ | 3) $\text{C}_2\text{H}_2$ |
| 2) $\text{CO}_2$          | 4) $\text{C}_2\text{H}_4$ |

Для нахождения правильного ответа изобразим структурные формулы этих соединений:



Напомним, что между каждой парой связанных атомов существует единственная  $\sigma$ -связь. В первой молекуле всего пять химических связей, причем все они  $\sigma$ -типа. Во второй молекуле всего четыре связи, но к  $\sigma$ -типу относятся только две из них. В третьей молекуле пять связей, но  $\sigma$ -связей из них только три. В последней молекуле из шести химических связей пять  $\sigma$ -связей:

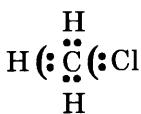


*Ответ: 1*

**Задание 12.** Степень окисления углерода в  $\text{CH}_3\text{Cl}$  равна

- |       |       |
|-------|-------|
| 1) +1 | 3) +2 |
| 2) -1 | 4) -2 |

Для начала вспомним, что степень окисления — это условный заряд, который возник бы на атоме в предположении, что все связи в соединении ионные (т.е. все связывающие электронные пары полностью смешены к более электроотрицательному атому). Приведем структурную формулу хлорметана, в которой мысленно сместим все связывающие электронные пары к более электроотрицательным атомам:



Атом углерода, будучи более электроотрицательным по сравнению с водородом, смещает к себе все три связывающие электронные пары  $\text{C}-\text{H}$  связей. Атом хлора, будучи более электроотрицательным, чем углерод, смещает к себе электронную пару связи  $\text{C}-\text{Cl}$ . Следовательно, у атома углерода при таком способе деления электронных пар имеются 6 электронов, в то время как валентных всего 4 — т.е. имеются 2 «лишних» электрона. Эти «лишние» электроны и создают на атоме углерода условный заряд -2. Легко найти далее степени окисления атома водорода (+1) и атома хлора (-1). Сумма степеней окисления всех атомов равна нулю, что говорит о правильности ответа.

*Ответ: 4*

**Задание 13.** Степень окисления азота в ионе  $\text{NH}_4^+$  равна

- |       |       |
|-------|-------|
| 1) -1 | 3) +3 |
| 2) -3 | 4) +5 |

Ход рассуждений при выполнении этого задания может быть аналогичным тому, что и в случае предыдущего задания. Но можно подойти и иначе. Азот как более электроотрицательный по сравнению с водородом элемент имеет отрицательную степень окисления ( $x$ ), а водород — положительную, равную +1. Составим уравнение, согласно которому сумма всех степеней окисления должна дать значение заряда иона аммония:

$$x + 4 \cdot 1 = +1,$$

отсюда  $x = -3$ , т.е. степень окисления азота в ионе аммония такая же, как в молекуле амиака.

*Ответ: 2*

**Задание 14.** К кислотным относится высший оксид

- |          |             |
|----------|-------------|
| 1) бария | 3) алюминия |
| 2) хрома | 4) цинка    |

Известно, что металлы IА и IIА группы образуют высшие оксиды с основными свойствами (кроме оксида бериллия).

Оксид бария — основный оксид.

Алюминий — элемент IIIA группы со степенью окисления +3, образует амфотерный оксид.

Кислотные свойства могут проявлять оксиды металлов побочных подгрупп в высшей степени окисления. Чем выше степень окисления элемента, тем более кислотными свойствами обладают его соединения.

Цинк относится к элементам IVA группы и проявляет только одну степень окисления, равную +2. Его высший оксид ( $\text{ZnO}$ ) обладает амфотерными свойствами.

Хром проявляет несколько степеней окисления: +2, +3, +6. Ему соответствуют три оксида хрома. Согласно указанному выше правилу они проявляют следующие свойства:  $\text{CrO}$  — основный оксид,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  — амфотерный оксид,  $\text{CrO}_3$  — кислотный оксид.

*Ответ: 2*

**Задание 15.** Степень окисления марганца в его амфотерных соединениях равна

- |       |       |
|-------|-------|
| 1) +7 | 3) +3 |
| 2) +2 | 4) +1 |

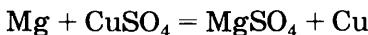
Как правило, соединения металлов (оксиды, гидроксиды) в наименьшей степени окисления, равной +1 и +2, проявляют преимущественно основные свойства, если +3 и +4, то амфотерные, +5 и выше — кислотные. Следовательно, степень окисления марганца: в его основном оксиде  $MnO$  — наименьшая +2, в кислотном оксиде  $Mn_2O_7$  — максимальная, равная +7, в амфотерном оксиде  $MnO_2$  — промежуточная, равная +4.

*Ответ: 3*

**Задание 16.** Взаимодействие магния с сульфатом меди(II) относится к реакции

- |               |               |
|---------------|---------------|
| 1) обмена     | 3) разложения |
| 2) соединения | 4) замещения  |

Это одно из наиболее типичных заданий, проверяющих знание основ классификации химических реакций. Для точного ответа целесообразно составить уравнение реакции:



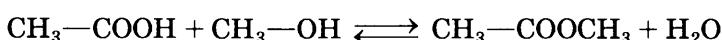
Затем необходимо вспомнить особенности типов химических реакций, указанных в условии. После этого легко определить, что указанная в условии задания реакция относится к реакциям замещения, т.к. атомы простого вещества (магния) замещают один из элементов (медь), входящих в состав сложного вещества (сульфата меди (II)).

*Ответ: 4*

**Задание 17.** Взаимодействие карбоновой кислоты и спирта относится к реакциям

- |                  |                 |
|------------------|-----------------|
| 1) присоединения | 4) дегидратации |
| 2) этерификации  | 5) обратимым    |
| 3) гидролиза     |                 |

Запишем уравнение этой реакции в общем виде:

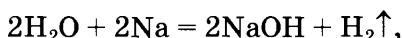


По уравнению видно, что в реакцию вступают два вещества и получаются два вещества. Это означает, что данный процесс не относится к реакциям присоединения и к реакциям дегидратации (разновидность реакций разложения). А так как вода не вступает в реакцию, следовательно, это не гидролиз. Образование в результате реакции сложного эфира и воды позволяет сделать вывод, что это реакция этерификации (образования эфира).

Возможность протекания реакции и в прямом и в обратном направлении указывает на то, что это реакция обратимая.

*Ответ: 25*

**Задание 18.** Реакция, уравнение которой



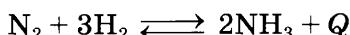
относится к реакциям

- |                  |                    |
|------------------|--------------------|
| 1) замещения     | 4) обмена          |
| 2) разложения    | 5) экзотермическим |
| 3) присоединения | 6) эндотермическим |

Натрий — активный металл (см. ряд напряжений металлов), поэтому его взаимодействие с водой является реакцией экзотермической. Натрий быстро перемещается по поверхности воды, плавится от теплоты, выделяющейся в ходе реакции, и в конце даже может загореться. Таким образом, правильный ответ следует искать среди первых двух вариантов. По другому классификационному признаку можно сделать заключение, что это — реакция замещения: реагирует простое и сложное вещество и получается простое и сложное вещество.

*Ответ: 15*

**Задание 19.** Скорость прямой реакции



возрастает при

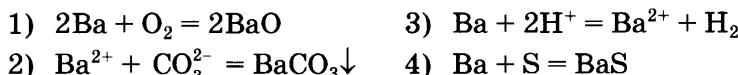
- 1) увеличении концентрации азота
- 2) понижении температуры
- 3) увеличении концентрации аммиака
- 4) уменьшении концентрации водорода
- 5) повышении температуры

В соответствии с законом действующих масс скорость химической реакции пропорциональна концентрации реагентов. Следовательно, неверными являются ответ 3, т.к. увеличение концентрации аммиака — продукта реакции никак не скажется на скорости прямой реакции, и ответ 4, где говорится об уменьшении концентрации водорода — одного из реагентов. Увеличению скорости реакции способствует повышение температуры, значит, неверным является и вариант ответа 2.

Еще одним фактором, способствующим увеличению скорости протекания химической реакции, является повышение температуры.

*Ответ: 15*

**Задание 20.** С наибольшей скоростью при обычных условиях протекает реакция

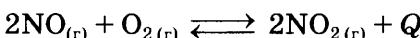


Проанализируем предложенные варианты. Для начала сравним ответы 1 и 4. Барий относится к наиболее активным металлам. При нагревании на воздухе он эффективно сгорает, соединяясь с кислородом, но в любом случае это не самая быстрая реакция. С серой барий будет реагировать намного медленнее, чем с кислородом.

Барий очень бурно взаимодействует с раствором кислоты (ответ 3). Но еще более быстрой является реакция между водными растворами солей бария и угольной кислоты. Осадок карбоната бария выпадает мгновенно. И это — не только особенность солей бария. Установлено, что с наибольшими скоростями протекают именно реакции в растворах электролитов — реакции нейтрализации, выпадения осадков и подобные им.

*Ответ: 2*

**Задание 21.** Химическое равновесие в системе



смещается в сторону образования продукта реакции при

- 1) повышении давления
- 2) увеличении концентрации  $\text{NO}_2$
- 3) повышении температуры
- 4) применении катализатора
- 5) повышении концентрации  $\text{O}_2$

Проанализируем влияние каждого фактора на состояние равновесия в данной реакционной системе, применив принцип Ле-Шателье.

Данная реакция протекает с уменьшением объема системы (из 3 моль газа образуется 2 моль). Следовательно, повышение давления (ответ 1) сместит равновесие в сторону меньшего объема, т.е. в сторону образования продукта реакции.

Данная реакция экзотермическая. Увеличение температуры (ответ 3) приводит к смещению равновесия в сторону эндо-термической реакции, т.е. в сторону исходных веществ.

Увеличение концентрации продукта реакции  $\text{NO}_2$  (ответ 2) приведет к смещению равновесия также в сторону исходных веществ. А вот повышение концентрации  $\text{O}_2$ , т.е. исходного вещества, приведет к смещению химического равновесия именно в сторону продуктов реакции.

Таким образом, повышение давления и увеличение концентрации  $\text{O}_2$  будет способствовать смещению равновесия вправо, т.е. в сторону образования продукта реакции.

*Ответ: 15*

**Задание 22.** Сильным электролитом в водном растворе является

- |                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1) $\text{H}_2\text{CO}_3$ | 3) $\text{CH}_3\text{COOH}$ |
| 2) $\text{CH}_3\text{OH}$  | 4) $\text{HCOONa}$          |

Вначале выясним, все ли предложенные в задании вещества являются электролитами, т.е. при растворении в воде и расщеплении распадаются на ионы — диссоциируют. Метиловый спирт (ответ 2) электролитом не является. Согласно условию задания, необходимо определить сильный электролит, т.е. электролит, полностью диссоциирующий на ионы.

Обе кислоты — угольная и уксусная — слабые (ответ 1 и 3). Угольная кислота практически представляет собой раствор углекислого газа в воде. Уксусная кислота, как и большинство органических кислот, по причине невысокой полярности связи O—H диссоциирует обратимо.

Соль — формиат натрия, как и многие другие соли, в растворе полностью распадается на ионы. Это и есть сильный электролит.

*Ответ: 4*

**Задание 23.** Наиболее слабым электролитом является

- |        |        |
|--------|--------|
| 1) HF  | 3) HBr |
| 2) HCl | 4) HI  |

В ряду HF—HCl—HBr—HI из-за увеличения радиуса атомов галогенов закономерно увеличивается и длина связи. Увеличение длины связи неминуемо приводит к уменьшению ее прочности. То есть самая короткая связь H—F является самой прочной, а самая длинная связь H—I — самая непрочная. Чем меньше прочность связи, тем легче она разрывается, тем больше степень электролитической диссоциации. Итак, в ряду галогеноводородных кислот HF—HCl—HBr—HI сила электролитов увеличивается. Самый слабый электролит — HF, а самый сильный — HI.

*Ответ: 4*

**Задание 24.** Установите соответствие между формулой соли и ее способностью к гидролизу.

ФОРМУЛА СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
A) CuSO <sub>4</sub>	1) гидролизуется по катиону
B) Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2) гидролизуется по аниону
B) Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	3) гидролизуется по катиону и аниону
Г) AlCl <sub>3</sub>	4) не гидролизуется

Рассмотрим отношение к гидролизу четырех предложенных солей.

- 1) CuSO<sub>4</sub> образован слабым основанием и сильной серной кислотой, такие соли подвергаются гидролизу *по катиону*.
- 2) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> образован сильным основанием и слабой угольной кислотой, такие соли подвергаются гидролизу *по аниону*.
- 3) Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> образован слабым основанием и сильной азотной кислотой, такие соли подвергаются гидролизу *по катиону*.
- 4) Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub> образован слабым основанием и слабой сероводородной кислотой, такие соли подвергаются гидролизу *и по катиону, и по аниону*.

Напомним также, что *не гидролизуются* соли, образованные сильным основанием и сильной кислотой.

*Ответ: 1211*

**Задание 25.** Установите соответствие между формулой вещества и продуктом, который образуется на инертном аноде в результате электролиза его водного раствора.

**ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА**

- А)  $\text{K}_2\text{SO}_4$   
Б)  $\text{NiCl}_2$   
В)  $\text{NiF}_2$   
Г)  $\text{K}_2\text{S}$

**ПРОДУКТ НА АНОДЕ**

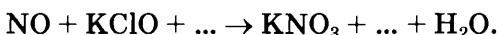
- 1)  $\text{Cl}_2$   
2)  $\text{O}_2$   
3)  $\text{H}_2$   
4) S  
5)  $\text{SO}_2$   
6) HF

A	B	V	Г

При выполнении этого задания надо учитывать, что на аноде разряжаются анионы. Продукты электролиза зависят от состава аниона. Так, например, галогеноводородные кислоты (кроме HF) разряжаются с образованием простых веществ — галогенов, а в случае кислородсодержащих анионов и фторид-аниона — воды с выделением кислорода. При электролизе сульфид-ионов на аноде образуется сера. Устанавливаем соответствие: А — 2, Б — 1, В — 2, Г — 4.

*Ответ: 2124*

**Задание 26.** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



Определите окислитель и восстановитель.

В начале выполнения задания проанализируем состав известных веществ и спрогнозируем состав веществ, недостающих в реакции.

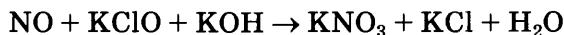
Гипохлорит калия — соль слабой хлорноватистой кислоты, проявляющей сильные окислительные свойства.

Исходя из известных продуктов реакций, можно утверждать, что не хватает хлорсодержащего продукта, в котором степень окисления хлора будет ниже, чем +1. Такой устойчи-

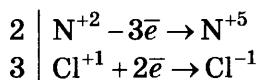
вой степенью окисления является  $-1$ , т.е. недостающее вещество содержит хлорид-ион.

Таким образом, недостающим продуктом реакции может быть хлороводород или хлорид калия (кроме  $K^+$  и  $H^+$  других катионов в реакции нет). Однако гипохлорит устойчив в щелочной среде. Поэтому продуктом реакции будет хлорид калия, а исходным веществом гидроксид калия.

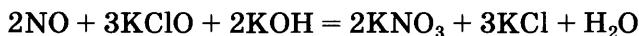
С учетом сделанных выводов составляем схему процесса:



Составляем электронный баланс:



С учетом баланса расставляем коэффициенты в уравнении реакции:



Определяем, 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.

### 1.3. Задания для самостоятельной работы

1. Электронная конфигурация  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  соответствует ионам

- 1)  $Ti^{2+}$
- 2)  $Mg^{2+}$
- 3)  $Fe^{3+}$
- 4)  $K^+$
- 5)  $S^{2-}$

Ответ:

2. Химические элементы, которые образуют высший оксид с общей формулой  $R_2O_5$ , имеют электронную конфигурацию атомов:

- 1)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
- 2)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$
- 3)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
- 4)  $1s^2 2s^2 2p^5$
- 5)  $1s^2 2s^2 2p^3$

Ответ:

3. В каких рядах химические элементы расположены в порядке возрастания их атомного радиуса?

- 1)  $Mg \rightarrow Al \rightarrow Si$
- 2)  $B \rightarrow C \rightarrow N$
- 3)  $P \rightarrow S \rightarrow Cl$
- 4)  $F \rightarrow O \rightarrow N$
- 5)  $Li \rightarrow Na \rightarrow K$

Ответ:

4. По периоду слева направо уменьшается(-ются)

- 1) атомный радиус элементов
- 2) число валентных электронов в атомах
- 3) электроотрицательность элементов
- 4) кислотные свойства гидроксидов
- 5) металлические свойства простых веществ

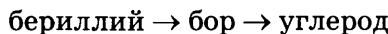
Ответ:

5. У элементов подгруппы углерода с увеличением атомного номера уменьшаются

- 1) атомный радиус
- 2) заряд ядра атома
- 3) число валентных электронов в атомах
- 4) электроотрицательность
- 5) неметаллические свойства

Ответ:

6. В ряду химических элементов:

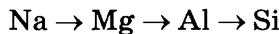


возрастают

- 1) способность атома отдавать электроны
- 2) высшая степень окисления
- 3) низшая степень окисления
- 4) радиус атома
- 5) кислотные свойства их высших оксидов

Ответ:

7. В ряду химических элементов:



- 1) увеличивается число валентных электронов в атомах
- 2) уменьшается число электронных слоев в атомах
- 3) уменьшается число протонов в ядрах атомов
- 4) увеличиваются радиусы атомов
- 5) увеличивается электроотрицательность

Ответ:

8. В каких рядах простые вещества расположены в порядке усиления металлических свойств?

- 1)  $\text{Mg} \rightarrow \text{Ca} \rightarrow \text{Ba}$
- 2)  $\text{Na} \rightarrow \text{Mg} \rightarrow \text{Al}$
- 3)  $\text{K} \rightarrow \text{Ca} \rightarrow \text{Fe}$
- 4)  $\text{Sc} \rightarrow \text{Ca} \rightarrow \text{Mg}$
- 5)  $\text{C} \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{Be}$

9. В аммиаке и хлориде бария химическая связь соответственно

- 1) ионная и ковалентная полярная
- 2) ковалентная полярная и ионная
- 3) ковалентная неполярная и металлическая
- 4) ковалентная неполярная и ионная

Ответ:

10. Соединениями с ковалентной полярной и ковалентной неполярной связью являются соответственно пары веществ

- 1) вода и сероводород
- 2) бромид калия и азот
- 3) аммиак и водород
- 4) оксид калия и кислород
- 5) метан и водород

Ответ:

11. Ковалентная полярная связь характерна для

- 1) NaF
- 2) H<sub>2</sub>S
- 3) O<sub>3</sub>
- 4) CaCl<sub>2</sub>
- 5) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Ответ:

12. Водородная связь образуется между молекулами

- 1) CH<sub>4</sub>
- 2) CH<sub>3</sub>OH
- 3) CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>
- 4) CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>
- 5) CH<sub>3</sub>COOH

Ответ:

13. Наиболее прочная химическая связь имеет место в молекуле

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| 1) F <sub>2</sub>  | 3) O <sub>2</sub> |
| 2) Cl <sub>2</sub> | 4) N <sub>2</sub> |

Ответ:

**14.** В молекуле какого вещества длина связи между атомами углерода наибольшая?

- 1) ацетилена
- 2) этана
- 3) этена
- 4) бензола

*Ответ:*

**15.** Степень окисления, равную +6, атом хрома имеет в соединениях

- 1)  $\text{CrCl}_3$
- 2)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- 3)  $\text{Cr}_2\text{S}_3$
- 4)  $\text{KCrO}_2$
- 5)  $\text{CrO}_3$

*Ответ:*

**16.** Степень окисления углерода в  $\text{CH}_3\text{Cl}$  равна

- 1) +1
- 2) -1
- 3) +2
- 4) -2

*Ответ:*

**17.** Степень окисления +3 фосфор имеет в соединениях

- 1)  $\text{Ca}_3\text{P}_2$
- 2)  $\text{KPO}_3$
- 3)  $\text{P}_4\text{O}_6$
- 4)  $\text{H}_3\text{PO}_3$
- 5)  $\text{H}_3\text{PO}_4$

*Ответ:*

**18.** Высшую степень окисления сера проявляет в соединениях

- 1)  $\text{SO}_3$
- 2)  $\text{Al}_2\text{S}_3$
- 3)  $\text{H}_2\text{S}$
- 4)  $\text{NaHSO}_3$
- 5)  $\text{CaSO}_4$

*Ответ:*

**19. Молекулярную кристаллическую решетку имеет**

- 1) нитрат калия
- 2) оксид кремния
- 3) хлороводород
- 4) оксид фосфора(V)
- 5) хлорид бария

*Ответ:*

--	--

**20. Какие из приведенных утверждений верны?**

- А. Вещества с молекулярной решеткой имеют низкие температуры плавления и низкую электропроводность.
- Б. Вещества с атомной решеткой пластичны и обладают высокой электрической проводимостью.
- 1) верно только А
  - 2) верно только Б
  - 3) верны оба утверждения
  - 4) оба утверждения неверны

*Ответ:*

--	--

**21. Молекулярная кристаллическая решетка характерна для**

- 1) хлорида калия
- 2) брома
- 3) алюминия
- 4) сероводорода
- 5) сульфата натрия

*Ответ:*

--	--

**22. К окислительно-восстановительным реакциям не относят разложение**

- 1) метана
- 2) азотной кислоты
- 3) хлорида аммония
- 4) гидроксида цинка
- 5) нитрата аммония

*Ответ:*

--	--

**23. С наибольшей скоростью водород реагирует с**

- 1) бромом
- 2) иодом
- 3) фтором
- 4) хлором

*Ответ:*

--	--

## 24. Химическое равновесие в системе



сместится в сторону обратной реакции, если

- 1) повысить давление
- 2) добавить катализатор
- 3) уменьшить концентрацию  $\text{H}_2$
- 4) повысить температуру
- 5) увеличить концентрацию  $\text{C}_4\text{H}_6$

Ответ: 

--	--

## 25. В каком из растворов с одинаковой концентрацией содержание ионов $\text{PO}_4^{3-}$ наибольшее?

- 1)  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$
- 2)  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$
- 3)  $\text{H}_3\text{PO}_4$
- 4)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

Ответ: 

--

## 26. Реакция ионного обмена между растворами сульфата алюминия и хлорида бария протекает до конца в результате взаимодействия ионов:

- 1)  $\text{Al}^{3+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$
- 2)  $\text{Ba}^{2+}$  и  $\text{Cl}^-$
- 3)  $\text{Al}^{3+}$  и  $\text{Cl}^-$
- 4)  $\text{Ba}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$

Ответ: 

--

## 27. Углерод является окислителем в реакциях с

- 1) водой
- 2) алюминием
- 3) оксидом меди(II)
- 4) серной кислотой
- 5) водородом

Ответ: 

--	--

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

**УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ**

- A)  $\text{H}_2\text{S} + \text{I}_2 = \text{S} + 2\text{HI}$   
B)  $2\text{S} + \text{C} = \text{CS}_2$   
B)  $2\text{SO}_3 + 2\text{KI} = \text{I}_2 + \text{SO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$   
Г)  $\text{S} + 3\text{NO}_2 = \text{SO}_3 + 3\text{NO}$

**ОКИСЛИТЕЛЬ**

- 1)  $\text{NO}_2$   
2)  $\text{H}_2\text{S}$   
3)  $\text{HI}$   
4)  $\text{S}$   
5)  $\text{SO}_3$   
6)  $\text{I}_2$

A	Б	В	Г

**29.** Установите соответствие между формулой соли и продуктом, который образуется на инертном аноде при электролизе ее водного раствора.

**ФОРМУЛА СОЛИ**

- A)  $\text{CuSO}_4$   
Б)  $\text{K}_2\text{S}$   
В)  $\text{BaCl}_2$   
Г)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

**ПРОДУКТ НА АНОДЕ**

- 1) водород  
2) кислород  
3) металл  
4) хлор  
5) сера  
6) азот

A	Б	В	Г

**30.** Необратимыми являются реакции, схемы которых

- 1)  $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2$   
2)  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$   
3)  $\text{H}_2 + \text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$   
4)  $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{HBr}$   
5)  $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$

Ответ: 

--	--

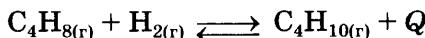
31. От увеличения площади поверхности соприкосновения реагентов не зависит скорость реакций между

- 1) бензолом и хлором
- 2) кремнием и кислородом
- 3) водородом и кислородом
- 4) цинком и соляной кислотой
- 5) серой и железом

Ответ: 

--	--

32. Химическое равновесие в системе



смещается в сторону исходных веществ в результате

- 1) увеличения концентрации водорода
- 2) повышения температуры
- 3) уменьшения концентрации бутана
- 4) использования катализатора
- 5) повышения давления

Ответ: 

--	--

33. Диссоциация ортофосфорной кислоты по второй ступени происходит в соответствии с уравнением

- 1)  $\text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$
- 2)  $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$
- 3)  $\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$
- 4)  $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons 3\text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$

Ответ: 

--	--

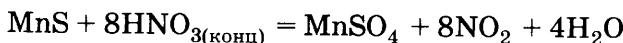
34. Осадок образуется при взаимодействии растворов сульфата калия и

- 1)  $\text{NaOH}$
- 2)  $\text{HCl}$
- 3)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$
- 4)  $\text{NH}_3$
- 5)  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COOH})_2$

Ответ: 

--	--

### 35. Восстановителем в реакции



является

- 1)  $\text{S}^{2-}$
- 2)  $\text{Mn}^{2+}$
- 3)  $\text{H}^+$
- 4)  $\text{NO}_3^-$

Ответ:

### 36. Однаковую реакцию среды имеют растворы карбоната натрия и

- 1) нитрата бария
- 2) силиката калия
- 3) фосфата натрия
- 4) сульфата цинка
- 5) хлорида алюминия

Ответ:

### 37. Нейтральную среду имеют водные растворы

- 1) нитрата калия
- 2) силиката натрия
- 3) сульфата лития
- 4) нитрита калия
- 5) хлорида железа(II)

Ответ:

### 38. Реакции нейтрализации соответствуют уравнения реакций:

- 1)  $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 2)  $2\text{KOH} + \text{FeCl}_2 = \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{KCl}$
- 3)  $2\text{HCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 4)  $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaCl}$
- 5)  $\text{MgO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

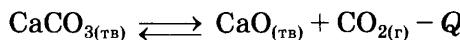
Ответ:

**39.** Скорость реакции между железом и раствором серной кислоты будет уменьшаться при

- 1) повышении температуры
- 2) разбавлении кислоты
- 3) увеличении концентрации кислоты
- 4) измельчении железа

*Ответ:*

**40.** Химическое равновесие в системе



смещается вправо при

- 1) повышении давления
- 2) повышении концентрации  $\text{CO}_2$
- 3) понижении температуры
- 4) повышении температуры

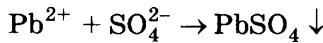
*Ответ:*

**41.** Наибольшее количество нитрат-ионов образуется в растворе при диссоциации 1 моль

- 1) нитрата алюминия
- 2) нитрата меди(II)
- 3) нитрата натрия
- 4) нитрата кальция
- 5) нитрата железа(III)

*Ответ:*

**42.** Сокращенное ионное уравнение



соответствует взаимодействиям

- 1) свинца и серной кислоты
- 2) оксида свинца и сульфата калия
- 3) нитрата свинца(II) и сульфата натрия
- 4) ацетата свинца(II) и серной кислоты
- 5) гидроксида свинца(II) и сульфата бария

*Ответ:*

**43.** Окислительно-восстановительными не являются реакции

- 1)  $4\text{KClO}_3 \xrightarrow{t} \text{KCl} + 3\text{KClO}_4$
- 2)  $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{t} \text{CaO} + \text{CO}_2$
- 3)  $2\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t} \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 4)  $\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{t} \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 5)  $\text{H}_2\text{S} \xrightarrow{t} \text{S} + \text{H}_2$

Ответ: 

--	--

**44.** Одинаковую реакцию среды имеют растворы хлорида калия и

- 1) нитрата алюминия
- 2) хлорида цинка
- 3) сульфата железа(II)
- 4) нитрата натрия
- 5) бромата калия

Ответ: 

--	--

**45.** Установите соответствие между схемой реакции и формулой недостающего в ней азотсодержащего продукта реакции.

**СХЕМА  
РЕАКЦИИ**

- A)  $\text{P} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \dots$
- Б)  $\text{Ca} + \text{HNO}_{3(\text{разб.})} \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} + \dots$
- В)  $\text{Cu} + \text{HNO}_{3(\text{разб.})} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} + \dots$
- Г)  $\text{C} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \dots$

**ФОРМУЛА  
ВЕЩЕСТВА**

- 1) NO
- 2)  $\text{NO}_2$
- 3)  $\text{N}_2\text{O}$
- 4)  $\text{N}_2\text{O}_3$
- 5)  $\text{N}_2$

A	B	V	G

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

**УРАВНЕНИЕ  
РЕАКЦИИ**

- А)  $2\text{Al} + 3\text{S} = \text{Al}_2\text{S}_3$   
Б)  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$   
В)  $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$   
Г)  $\text{H}_2\text{S} + \text{Br}_2 = 2\text{HBr} + \text{S}$

**ИЗМЕНЕНИЕ  
СТЕПЕНИ  
ОКИСЛЕНИЯ  
СЕРЫ**

- 1) от -2 до +4  
2) от -2 до 0  
3) от 0 до -2  
4) от +6 до +4  
5) от +4 до +6

A	B	V	G

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

**СХЕМА  
РЕАКЦИИ**

- А)  $\text{S} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow \dots + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
Б)  $\text{H}_2\text{S} + \text{Cl}_2 \rightarrow \dots + \text{HCl}$   
В)  $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \dots$   
Г)  $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \rightarrow \text{CuSO}_4 + \dots + \text{H}_2\text{O}$

**ФОРМУЛА  
ВЕЩЕСТВА**

- 1)  $\text{SO}_2$   
2)  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
3)  $\text{SO}_3$   
4) S  
5)  $\text{H}_2\text{SO}_3$

A	B	V	G

**48. Установите соответствие между схемой химической реакции и изменением степени окисления восстановителя.**

**СХЕМА РЕАКЦИИ**

**ИЗМЕНЕНИЕ  
СТЕПЕНИ  
ОКИСЛЕНИЯ  
ВОССТАНОВИТЕЛЯ**

- |   |  |
|---|--|
| A) $\text{FeCl}_3 + \text{HI} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{I}_2 + \text{HCl}$                | 1) $\text{Fe}^{+3} \rightarrow \text{Fe}^{+2}$ |
| B) $\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{FeCl}_3$  | 2) $2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2^0$      |
| B) $\text{KClO}_4 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2$  | 3) $2\text{O}^{-2} \rightarrow \text{O}_2^0$   |
| Г) $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{HI} \rightarrow \text{FeI}_2 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | 4) $\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$ |
|   | 5) $\text{Cl}^{+7} \rightarrow \text{Cl}^-$    |
|   | 6) $\text{Cl}_2^0 \rightarrow 2\text{Cl}^-$    |

A	Б	В	Г

**49. Установите соответствие между формулой соли и отношением этой соли к гидролизу.**

**ФОРМУЛА СОЛИ**

**ОТНОШЕНИЕ  
К ГИДРОЛИЗУ**

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| A) $\text{KNO}_3$           | 1) гидролизуется по катиону             |
| B) $\text{CuF}_2$           | 2) гидролизуется по аниону              |
| B) $\text{CrBr}_3$          | 3) гидролизуется по катиону<br>и аниону |
| Г) $\text{CH}_3\text{COOK}$ | 4) не гидролизуется                     |

A	Б	В	Г

**50.** Установите соответствие между названием соли и ее отношением к гидролизу.

**НАЗВАНИЕ СОЛИ**

- А) хлорид калия
- Б) фосфат натрия
- В) сульфид магния
- Г) нитрат алюминия

**ОТНОШЕНИЕ  
К ГИДРОЛИЗУ**

- 1) гидролизуется по катиону
- 2) гидролизуется по аниону
- 3) гидролизуется по катиону и аниону
- 4) не гидролизуется

A	B	V	G

**51.** Установите соответствие между названием соли и отношением ее к гидролизу.

**НАЗВАНИЕ СОЛИ**

- А) нитрат калия
- Б) сульфид бария
- В) хлорид алюминия
- Г) карбонат натрия

**ОТНОШЕНИЕ  
К ГИДРОЛИЗУ**

- 1) гидролизуется по катиону
- 2) гидролизуется по аниону
- 3) гидролизуется по катиону и аниону
- 4) не гидролизуется

A	B	V	G

**52.** Установите соответствие между названием соли и отношением ее к гидролизу.

**НАЗВАНИЕ СОЛИ**

- А) хлорид цинка
- Б) сульфид калия
- В) нитрат кальция
- Г) нитрат меди(II)

**ОТНОШЕНИЕ  
К ГИДРОЛИЗУ**

- 1) гидролизуется по катиону
- 2) гидролизуется по аниону
- 3) гидролизуется по катиону и аниону
- 4) не гидролизуется

A	B	V	G

**53.** Установите соответствие между формулой соли и продуктом, образующимся на инертном аноде при электролизе ее водного раствора.

**ФОРМУЛА  
СОЛИ**

- A)**  $\text{NaI}$
- B)**  $\text{BaCl}_2$
- B)**  $\text{AgNO}_3$
- Г)**  $\text{KNO}_3$

**ПРОДУКТ  
НА АНОДЕ**

- 1)**  $\text{H}_2$
- 2)**  $\text{I}_2$
- 3)**  $\text{NO}_2$
- 4)**  $\text{Cl}_2$
- 5)**  $\text{N}_2$
- 6)**  $\text{O}_2$

<b>A</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>

**54.** Установите соответствие между формулой соли и продуктом, образующимся на катоде при электролизе ее водного раствора.

**ФОРМУЛА  
СОЛИ**

- A)**  $\text{CuBr}_2$
- B)**  $\text{CuSO}_4$
- B)**  $\text{NaNO}_3$
- Г)**  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

**ПРОДУКТ  
НА КАТОДЕ**

- 1)**  $\text{H}_2$
- 2)**  $\text{Cu}$
- 3)**  $\text{Na}$
- 4)**  $\text{Ba}$
- 5)**  $\text{NO}_2$
- 6)**  $\text{Br}_2$

<b>A</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>

**55.** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза ее водного раствора, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

## ФОРМУЛА СОЛИ

- А)  $\text{Li}_2\text{SO}_4$   
 Б)  $\text{CaCl}_2$   
 В)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$   
 Г)  $\text{CuCl}_2$

## ПРОДУКТ ЭЛЕКТРОЛИЗА

- 1) Li;  $\text{SO}_2$   
 2)  $\text{H}_2$ ;  $\text{O}_2$   
 3) Ca;  $\text{Cl}_2$   
 4)  $\text{H}_2$ ;  $\text{Cl}_2$   
 5) Cu;  $\text{O}_2$   
 6) Cu;  $\text{Cl}_2$

A	Б	В	Г

56. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



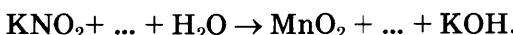
Определите окислитель и восстановитель.

57. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



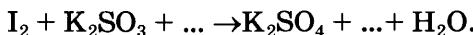
Определите окислитель и восстановитель.

58. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



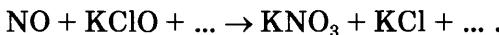
Определите окислитель и восстановитель.

59. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



Определите окислитель и восстановитель.

60. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



Определите окислитель и восстановитель.

## 2. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

№	Проверяемые элементы содержания
1	Классификация неорганических веществ. Номенклатура неорганических веществ (тривиальная и международная).
2	Характеристика элементов по их положению в Периодической системе
3	Характерные химические свойства неорганических веществ: простых веществ-металлов: щелочных, щелочноземельных, алюминия, переходных металлов (меди, цинка, хрома, железа); простых веществ-неметаллов: водорода, галогенов, кислорода, серы, азота, фосфора, углерода, кремния
4	Характерные химические свойства оксидов: основных, амфотерных, кислотных
5	Характерные химические свойства оснований и амфотерных гидроксидов. Характерные химические свойства кислот
6	Характерные химические свойства солей: средних, кислых, основных; комплексных (на примере соединений алюминия и цинка)
7	Реакции, подтверждающие взаимосвязь различных классов неорганических веществ

## **2.1. Теоретический материал**

### **Классификация и номенклатура неорганических соединений**

Все неорганические вещества делятся на простые и сложные. Простыми называют вещества, образованные атомами одного элемента. Например, водород  $H_2$ , азот  $N_2$ , железо  $Fe$  и т.д. Понятия «простое вещество» и «химический элемент» различны. Так, химических элементов известно 118, в то время как простых веществ около 450. Это связано с тем, что некоторые химические элементы образуют несколько простых веществ. Данное явление называется **аллотропией**. Причина аллотропии заключается или в различном составе молекул (например,  $O_2$  и  $O_3$ ), или в различном кристаллическом строении **аллотропных модификаций** (алмаз и графит).

Простые вещества, в свою очередь, делятся на металлы и неметаллы.

Неметаллов известно всего 24. Это водород, инертные газы, углерод, азот, кислород, галогены, кремний, фосфор, сера, германий, мышьяк, селен, сурьма и теллур. Остальным элементам отвечают простые вещества — металлы. Деление на металлы и неметаллы условно. Свойства многих элементов являются промежуточными между свойствами типичных металлов и типичных неметаллов. Есть элементы, у которых одна аллотропная модификация проявляет характерные металлические свойства, а другая — свойства неметалла (например, белое и серое олово).

Сложные вещества состоят из нескольких химических элементов. Например, фосфорная кислота  $H_3PO_4$  — из трех (водорода, фосфора и кислорода). Сложные неорганические вещества принято делить на следующие классы.



Эта классификация несовершенна и не отражает всего многообразия неорганических веществ. Так, аммиак  $\text{NH}_3$ , не являясь гидроксидом, проявляет тем не менее свойства оснований. Кроме указанных в схеме классов соединений есть и другие (карбиды, нитриды, гидриды и др.), относимые обычно к бинарным соединениям.

### Оксиды

**Оксидами** называются сложные вещества, состоящие из двух элементов, один из которых — кислород в степени окисления  $-2$ . Последнее уточнение связано с тем, что существуют и аналогичные по составу *пероксиды*, содержащие кислород в степени окисления  $-1$ . Сравните:  $\text{H}_2\text{O}^{-2}$  — оксид водорода,  $\text{H}_2\text{O}_2^{-1}$  — пероксид водорода.

**Номенклатура оксидов.** Названия оксидов составляют из слова «оксид» и названия элемента в родительном падеже (с указанием в скобках степени окисления элемента римскими цифрами):

$\text{CuO}$  — оксид меди (II)

$\text{Cu}_2\text{O}$  — оксид меди (I)

$\text{NO}_2$  — оксид азота (IV)

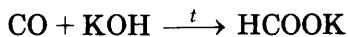
$\text{N}_2\text{O}_5$  — оксид азота (V)

Иногда используют устаревшие названия без указания степени окисления элемента, указывая, однако, число атомов кислорода, например:  $\text{CO}$  — монооксид углерода и  $\text{CO}_2$  — диоксид углерода.

И, наконец, в ряде случаев используют исторически сложившиеся, тривиальные названия, например:  $\text{H}_2\text{O}$  — вода,  $\text{CO}_2$  — углекислый газ,  $\text{SO}_2$  — сернистый газ,  $\text{N}_2\text{O}$  — закись азота (веселящий газ).

**Классификация оксидов.** Оксиды делятся на три группы: несолеобразующие, солеобразующие и солеобразные.

*Несолеобразующие оксиды* (к ним относятся  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) не взаимодействуют с водными растворами кислот и щелочей с образованием солей. Название «несолеобразующие» условно. Так, оксид углерода(II) не реагирует с водным раствором щелочи при обычных условиях, однако реакция становится возможной с твердой щелочью при сильном нагревании под давлением (при этом образуется соль муравьиной кислоты):



Несолеобразующие оксиды называют иногда безразличными оксидами.

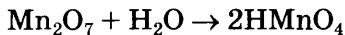
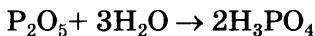
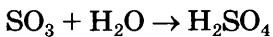
*Солеобразующие* оксиды, в свою очередь, делят на кислотные, основные и амфотерные.

Схема 2



*Кислотными* называют оксиды, которым соответствуют кислоты. Кислотные оксиды реагируют с основаниями с образованием соли и воды. Это оксиды, образованные неметаллами или переходными металлами в высоких степенях окисления. К ним, например, относятся:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SiO}_2$ ,

$\text{CrO}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ . Кислотные оксиды взаимодействуют с водой (за исключением  $\text{SiO}_2$ ), образуя соответствующую кислоту:



*Основными* называют оксиды, которым соответствуют основания. Они реагируют с кислотами с образованием соли и воды. В состав основного оксида входят только типичные (активные) металлы. Степень окисления металла в основных оксидах не превышает, как правило, +2. К основным принадлежат оксиды щелочных и щелочноземельных металлов, магния, таллия (I). В школьном курсе химии к основным оксидам относят и такие оксиды, как  $\text{CuO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CrO}$ ,  $\text{FeO}$ . Строго говоря, все оксиды переходных элементов проявляют слабоамфотерные свойства, но поскольку основные свойства  $\text{CuO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CrO}$  и  $\text{FeO}$  явно преобладают над кислотными, допустимо считать их оксидами основными.

*Амфотерными* называют оксиды, проявляющие химическую двойственность. Они сочетают в себе качества как кислотных оксидов (реагируя с основаниями), так и основных оксидов (реагируя с кислотами). Амфотерные свойства проявляют  $\text{BeO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SnO}$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и др.

К *двойным*, или *солеобразным*, оксидам относят оксиды, содержащие элемент в двух различных степенях окисления, например  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  и др. Так, минерал магнетит (железная окалина)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  содержит катионы железа в двух разных степенях окисления и может рассматриваться, во-первых, как двойной оксид:  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  или  $(\text{Fe}^{+2}\text{Fe}_2^{+3})\text{O}_4$  и, во-вторых, как солеобразное соединение  $\text{Fe}^{+2}(\text{Fe}^{+3}\text{O}_2)_2$ .

При взаимодействии с кислотами магнетит образует не одну, а две разные соли:



Аналогично свинцовому сурику  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  можно рассматривать как двойной оксид  $(\text{Pb}_2^{+2}\text{Pb}^{+4})\text{O}_4$  или как соль  $\text{Pb}_2^{+2}(\text{Pb}^{+4}\text{O}_4)$ .

## Гидроксиды

Гидроксиды можно рассматривать как продукты взаимодействия оксидов с водой. Состав гидроксидов может быть выражен общей формулой  $\text{ЭO}_n(\text{OH})_m$ . Гидроксидами являются гидроксид натрия  $\text{NaOH}$ , гидроксид магния  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , гидроксид алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , гидроксид хрома  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ , гидроксид серы(VI)  $\text{SO}_2(\text{OH})_2$ , гидроксид азота(V)  $\text{NO}_2(\text{OH})$ .

**Классификация гидроксидов.** Гидроксиды можно классифицировать следующим образом.

Схема 3



Среди приведенных выше гидроксидов основаниями являются  $\text{NaOH}$  и  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ; амфотерными гидроксидами —  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ; кислородсодержащими кислотами —  $\text{SO}_2(\text{OH})_2$  и  $\text{NO}_2(\text{OH})$ .

Общепринято гидроксиды-основания и амфотерные гидроксиды называть именно гидроксидами, в то время как гидроксиды неметаллов, проявляющих кислотные свойства, относить к кислотам. В этой связи формулы гидроксидов неметаллов записывают так, как это принято для кислот, — на первом месте записывают атом водорода:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  вместо  $\text{SO}_2(\text{OH})_2$ ,  $\text{HNO}_3$  вместо  $\text{NO}_2(\text{OH})$  и т.д.

С точки зрения теории электролитической диссоциации **основания** — сложные вещества, при диссоциации которых в водных растворах образуются в качестве анионов только гидроксид-ионы  $\text{OH}^-$ . Металлы, образующие основные оксиды, образуют и гидроксиды-основания. К хорошо растворимым в

воде основаниям, проявляющим сильные основные свойства, относятся гидроксиды щелочных и щелочноземельных металлов (Na, K, Sr, Ba и др.). Гидроксиды других металлов практически нерастворимы (например, Cu, Mn и др.). Гидроксиды-основания реагируют с кислотами с образованием соли и воды (реакция нейтрализации).

*К амфотерным гидроксидам* относятся гидроксиды алюминия, цинка, бериллия, хрома (III), железа (III), сурьмы (III) и (V) и др.

Если элемент-металл проявляет несколько степеней окисления, то основные свойства гидроксидов с ростом степени окисления уменьшаются с одновременным увеличением кислотных свойств. Так, гидроксид хрома (II)  $\text{Cr}(\text{OH})_2$  проявляет преимущественно основные свойства, гидроксид хрома (III)  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  — амфотерные, гидроксид хрома (VI)  $\text{CrO}_2(\text{OH})_2$  — сильные кислотные свойства, т.е. является кислотным гидроксидом.

Примерами кислотных гидроксидов — кислородсодержащих кислот могут быть серная и фосфорная кислоты:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (или  $\text{SO}_2(\text{OH})_2$ );  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (или  $\text{PO}(\text{OH})_3$ ).

**Номенклатура гидроксидов.** В соответствии с номенклатурными правилами при названии гидроксида после слова «гидроксид» следует указать элемент и его степень окисления (если элемент проявляет постоянную степень окисления, то ее можно не указывать):

$\text{NaOH}$  — гидроксид натрия

$\text{Mg}(\text{OH})_2$  — гидроксид магния

$\text{Cr}(\text{OH})_2$  — гидроксид хрома(II)

$\text{Cr}(\text{OH})_3$  — гидроксид хрома(III)

$\text{H}_2\text{CrO}_4$  — гидроксид хрома(VI)

Классификация и номенклатура кислот будет дана далее на схеме 4.

## Кислоты

**Кислотой**, в соответствии с теорией Аррениуса, называется вещество, при электролитической диссоциации которого в качестве катионов образуются только ионы водорода  $\text{H}^+$ . Также

существует и иное определение кислот, согласно которому **кислота** — сложное вещество, состоящее из атомов водорода, способных замещаться на металл, и кислотного остатка.

Главным химическим свойством кислот является взаимодействие с основаниями, которое получило название *реакция нейтрализации*, приводящее к образованию соли и воды.

**Номенклатура кислот.** Названия кислот производятся от названия элементов, их образующих. Если элемент образует несколько кислородсодержащих кислот, это отражается в названии кислоты введением суффиксов «-оватая», «-истая», «-оватистая» (по мере уменьшения степени окисления элемента). В случае если одной степени окисления отвечает несколько кислот, то в название вводят префикс «ди-» (отражающий наличие двух атомов кислотообразователя) или «мета-», «орт-» (если кислоты отличаются количеством связанной воды). В таблице 5 приведены формулы, названия кислот (в скобках указаны тривиальные названия) и кислотных остатков некоторых кислот.

Таблица 5

Формула кислоты	Название кислоты	Название аниона
HF	фтороводородная (плавиковая)	фторид
HCl	хлороводородная (соляная)	хлорид
HClO	хлорноватистая	гипохлорит
HClO <sub>2</sub>	хлористая	хлорит
HClO <sub>3</sub>	хлорноватая	хлорат
HClO <sub>4</sub>	хлорная	перхлорат
HBr	бромоводородная	бромид
HI	иодоводородная	иодид
HMnO <sub>4</sub>	марганцевая	permanganat
H <sub>2</sub> S	сероводородная	сульфид
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	сернистая	сульфит
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	серная	сульфат
H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	хромовая	хромат
H <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	дихромовая	дихромат
HNO <sub>2</sub>	азотистая	нитрит

Формула кислоты	Название кислоты	Название аниона
$\text{HNO}_3$	азотная	нитрат
$\text{H}_3\text{PO}_3$	фосфористая	фосфит
$\text{HPO}_3$	метаfosфорная	метаfosфат
$\text{H}_3\text{PO}_4$	ортофосфорная	ортофосфат
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	дифосфорная (пироfosфорная)	дифосфат (пироfosфат)
$\text{H}_2\text{CO}_3$	угольная	карбонат
$\text{CH}_3\text{COOH}$	уксусная	ацетат
$\text{H}_2\text{SiO}_3$	метакремниевая	метасиликат
$\text{H}_4\text{SiO}_4$	ортокремниевая	ортосиликат
$\text{H}_3\text{BO}_3$	ортоборная	ортоборат

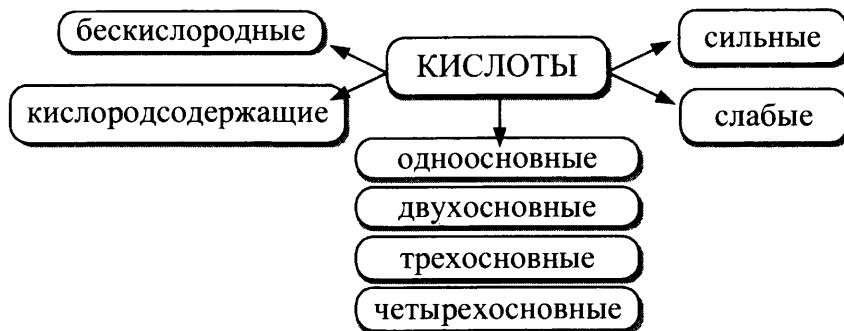
**Классификация кислот.** По составу кислоты делят на бескислородные и кислородсодержащие (кислородсодержащие кислоты можно рассматривать и как гидроксиды). Примерами бескислородных кислот являются хлороводородная  $\text{HCl}$ , сероводородная  $\text{H}_2\text{S}$ , фтороводородная  $\text{HF}$ . К кислородсодержащим кислотам (кислотным гидроксидам) относятся серная  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , азотная  $\text{HNO}_3$ , ортоfosфорная  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , хлорная  $\text{HClO}_4$ .

По числу атомов водорода, способных замещаться на атомы металла, кислоты делят на *одноосновные* ( $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HClO}_4$ ), *двухосновные* ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), *трехосновные* ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), *четырехосновные* ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ).

По силе кислоты делят на *сильные*, полностью диссоциирующие в разбавленных водных растворах, и *слабые*, диссоциация которых весьма мала. К сильным кислотам относится не так много кислот, это  $\text{HCl}$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HMnO}_4$  и некоторые другие. Большинство остальных кислот — слабые.

Кислоты можно классифицировать по **растворимости в воде** (кремниевые кислоты, в отличие от остальных, в воде не растворяются) и по **термической устойчивости** (весьма неустойчивы угольная, сернистая, азотистая кислоты, в то время как серная и фосфорная устойчивы к нагреванию).

В общем виде классификацию кислот можно представить в следующем виде



## Соли

**Соли** — это сложные вещества, состоящие из атомов металлов и кислотных остатков. Роль атомов металлов могут играть и другие катионы, например ионы аммония  $\text{NH}_4^+$ . В соответствии с теорией электролитической диссоциации Аррениуса **соли** — сложные вещества, при диссоциации которых образуются катионы металлов и анионы кислотных остатков.

**Номенклатура солей.** Названия солей строятся из двух слов — названия аниона в именительном падеже и названия катиона в родительном падеже, например,  $\text{MgBr}_2$  — бромид магния. Для металлов с переменной степенью окисления ее указывают в скобках после названия, например,  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  — нитрат хрома (III).

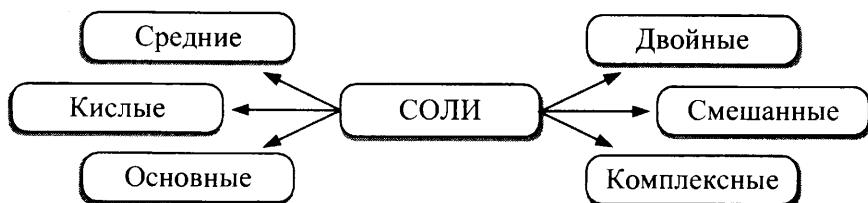
Названия кислых солей начинаются с префикса «гидро-» (указание на атомы водорода). Если атомов водорода два, то говорят «дигидро-». Например,  $\text{KHCO}_3$  — гидрокарбонат калия,  $\text{Sr}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  — дигидрофосфат стронция. Названия основных солей начинаются с префикса «гидроксо-», например  $\text{Cr}(\text{OH})\text{Cl}_2$  — гидроксохлорид хрома (III).

При необходимости назвать кристаллогидрат какой-либо соли к ее названию следует добавить слово «гидрат», например,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  имеет название пентагидрат сульфата меди.

Названия кислотных остатков приведены в таблице 5.

**Классификация солей.** С точки зрения полноты замещения атомов водорода на металлы или гидроксогруппы на кислотные остатки соли можно подразделить на средние, кислые и основные. Выделяют также соли двойные, смешанные и комплексные.

*Схема 6*



*Средние соли* можно рассматривать как продукт полного замещения атомов водорода в молекулах кислот на атомы металла. На средние соли приходится подавляющее большинство всех солей. Примеры средних солей:  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ ,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ .

*Кислые соли* можно рассматривать как продукт неполного замещения атомов водорода в молекулах кислот на атомы металла. Примеры кислых солей:  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NaHS}$ .

*Основные соли* можно рассматривать как продукт неполного замещения гидроксогрупп в основаниях на кислотные остатки. К ним принадлежит, например,  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  — минерал малахит.

*Двойные соли* содержат два катиона и один анион. Примером может служить сульфат калия-алюминия  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ .

*Смешанные соли* содержат один катион и два аниона, например  $\text{Cu}(\text{NO}_3)\text{Cl}$ . Наиболее известна среди таких солей хлорная (белильная) известь  $\text{Ca}(\text{ClO})\text{Cl}$ , являющаяся солью соляной и хлорноватистой кислот.

*Комплексные соли* содержат в своем составе сложный (комплексный) катион или анион, например  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ ,  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$  и т.д.

## **Характеристика элементов по положению в Периодической системе**

### **Общая характеристика металлов главных подгрупп I–III групп в связи с их положением в Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева и особенностями строения их атомов**

Все металлы имеют металлическую кристаллическую решетку, в узлах которой расположены положительно заряженные ионы и (значительно меньше) атомы металлов. Валентные электроны, осуществляя химическую связь между ионами, превращают кристалл металла в единое целое. Общность химических свойств металлов обусловлена особенностями строения их атомов: сравнительно большими атомными радиусами, слабым притяжением валентных электронов к ядру, низкими значениями энергий ионизации. Характерное химическое свойство всех металлов — их восстановительная активность. Во всех химических реакциях атомы металлов отдают электроны, проявляя восстановительные свойства. Восстановительные свойства металлов весьма различны и зависят от положения элементов в Периодической системе.

Главную подгруппу I группы (группу IA) образуют *щелочные металлы* — литий, натрий, калий, рубидий, цезий и франций. На внешнем уровне атомов щелочных металлов содержится по одному валентному электрону  $ns^1$ . Приведем полные и сокращенные электронные формулы их атомов:

Li	$1s^2 2s^1$	или $[He]2s^1$
Na	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	или $[Ne]3s^1$
K	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	или $[Ar]4s^1$
Rb	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 5s^1$	или $[Kr]5s^1$
Cs	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6 6s^1$	или $[Xe]6s^1$

Наличие одного валентного (внешнего) электрона объясняет существование единственной степени окисления щелочных металлов в соединениях, равной +1.

С увеличением радиуса атома от Li к Fr энергия ионизации атомов уменьшается, следовательно, наблюдаемая химическая активность металлов в этом ряду увеличивается. Щелоч-

ные металлы среди всех металлов обладают наибольшей химической активностью, являясь очень сильными восстановителями.

Химическая связь в соединениях щелочных металлов — ионная. Ионные кристаллические решетки образуют гидриды щелочных металлов ( $\text{NaH}$ ,  $\text{KH}$ ), галогениды ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KBr}$ ), оксиды ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), соли ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), гидроксиды ( $\text{NaOH}$ ) и т.д. Оксиды и гидроксиды элементов IА группы проявляют сильноосновный характер, гидроксиды МОН относятся к щелочам. Сила оснований возрастает в ряду от  $\text{LiOH}$  к  $\text{CsOH}$ . Соли щелочных металлов не подвергаются гидролизу по катиону.

Главную подгруппу II группы (IIА группу) образуют элементы бериллий, магний и щелочноземельные металлы кальций, стронций, барий и радий. На внешнем уровне атомы этих элементов имеют по два электрона (общая электронная конфигурация  $ns^2$ ), обуславливая степень окисления +2:

Be	$1s^2 2s^2$	или $[\text{He}]2s^2$
Mg	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	или $[\text{Ne}]3s^2$
Ca	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$	или $[\text{Ar}]4s^2$
Sr	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 5s^2$	или $[\text{Kr}]5s^2$
Ba	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6 6s^2$	или $[\text{Xe}]6s^2$
Ra	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14} 5s^2 5p^6 5d^{10} 6s^2 6p^6 7s^2$	или $[\text{Ra}]7s^2$

Простые вещества в свободном виде менее реакционноспособны по сравнению с щелочными металлами. Химическая активность возрастает при переходе от бериллия к радию. Оксид и гидроксид бериллия обладают амфотерными свойствами, оксиды и гидроксиды остальных элементов IIА группы проявляют свойства оснований. Сила оснований по ряду  $\text{Be}(\text{OH})_2$  —  $\text{Ra}(\text{OH})_2$  возрастает. Если соли бериллия существенно гидролизованы в растворе, то соли магния — лишь в малой степени, а соли остальных металлов IIА группы не подвергаются гидролизу.

Типичным представителем элементов IIIА группы является алюминий. Электронная конфигурация внешнего уровня атома алюминия  $3s^2 3p^1$ . Три валентных электрона обуславливают характерную степень окисления алюминия +3. По зна-

чению стандартного электродного потенциала алюминий должен относиться к химически активным металлам, однако прочная оксидная пленка уменьшает наблюдаемую химическую активность. Алюминий легко взаимодействует как с простыми, так и со сложными веществами (кислотами, солями). Возможна также реакция с водой и щелочами. Оксид и гидроксид алюминия относятся к амфотерным соединениям, легко взаимодействуя как с кислотами, так и с щелочами. Соли алюминия в водном растворе подвергаются гидролизу.

### **Характеристика переходных элементов — меди, цинка, хрома, железа по их положению в Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева и особенностям строения их атомов**

Особенностью атомов переходных элементов является заполнение электронами внутренних  $d$ - или  $f$ -подуровней. Элементы, в атомах которых достраивается  $(n-1)d$ -подуровень, называют  $d$ -элементами. Элементы, в атомах которых достраивается  $(n-2)f$ -подуровень, называют  $f$ -элементами. Переходные элементы образуют побочные подгруппы (В группы) Периодической системы Д. И. Менделеева. Все переходные элементы образуют простые вещества-металлы.

Валентными в атомах переходных элементов являются внешние  $s$ - и предвнешние  $d$ -электроны, что предполагает наличие нескольких степеней окисления и разнообразие в химических свойствах  $d$ -элементов.

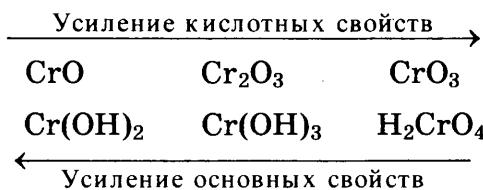
Типичными переходными элементами являются медь, цинк, хром, железо. Электронные конфигурации атомов этих элементов, а также проявляемые ими степени окисления приведены в таблице 6.

*Таблица 6*

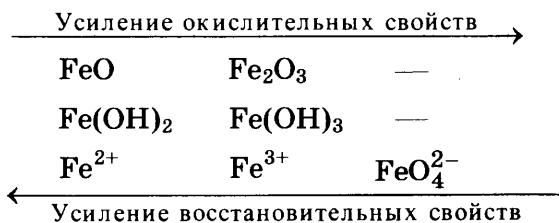
Элемент	Группа	Электронная конфигурация	Степени окисления
Cr	VIB	[Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>	+2, +3, +6
Fe	VIIIB	[Ar]3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	+2, +3, +6
Cu	IB	[Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>	+1, +2
Zn	IIB	[Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	+2

Обращает на себя внимание «проскок» электрона в атомах хрома и меди с внешнего на предвнешний уровень.

Анализ изменения кислотно-основных свойств соединений переходных элементов показывает, что с повышением степени окисления элемента основные свойства его оксидов и гидрооксидов уменьшаются, а кислотные свойства возрастают. Так, в ряду соединений хрома производные в степени окисления +2 проявляют отчетливые основные свойства, в то время как в степени окисления +6 — кислотные свойства. Производные в степени окисления +3 — типичные амфотерные соединения:



Анализ изменения окислительно-восстановительных свойств показывает, что производные в низких степенях окисления могут проявлять заметные восстановительные свойства, в то время как в высших степенях окисления — сильные окислительные свойства. Так, в ряду соединений железа производные в степени окисления +2 являются хорошими восстановителями, а в степени окисления +6 — сильными окислителями:



В то же время соединения железа (III) могут проявлять и восстановительные, и окислительные свойства.

**Общая характеристика неметаллов главных подгрупп IV–VII групп в связи с их положением в Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева и особенностями строения их атомов**

Элементы-неметаллы располагаются в правом верхнем углу Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. К неметаллам относятся:

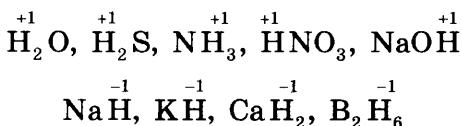
Период	Группа					
	IIIА	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1					H	He
2	B	C	N	O	F	Ne
3		Si	P	S	Cl	Ar
4		Ge	As	Se	Br	Kr
5			Sb	Te	I	Xe
6					At	Rn

Общая электронная конфигурация валентных электронов атомов неметаллов  $ns^2np^{1-6}$  объясняет многообразие степеней окисления неметаллов в их соединениях.

По сравнению с металлами атомы неметаллов имеют большее число электронов на внешнем энергетическом уровне, а следовательно, имеют большую тенденцию к присоединению электронов до скорейшего завершения внешнего энергетического уровня. Отсюда — ярко выраженная окислительная способность неметаллов и высокие значения электроотрицательностей их атомов.

Водород — первый элемент в Периодической системе Д.И. Менделеева, помещаемый обычно и в IA группу (вместе с щелочными металлами), и в VIIA группу (вместе с галогенами). Это объясняется особенностями его электронного строения. Атом водорода имеет электронную конфигурацию  $1s^1$ , сходную с электронной конфигурацией атомов щелочных металлов ( $ns^1$ ). В то же время атому водорода, как и атомам галогенов, не хватает до завершения внешнего уровня одного

электрона. Поэтому водород может проявлять две степени окисления: +1 (как щелочные металлы) и -1 (как галогены). Примерами таких соединений являются:



Галогены — элементы VIIA группы. К галогенам относятся фтор, хлор, бром, иод и астат. Астат — радиоактивный элемент, полученный искусственно, в природе практически не содержится. Многие свойства астата изучены недостаточно.

Атомы галогенов характеризуются аналогией в строении внешней электронной оболочки. Все галогены имеют внешнюю электронную конфигурацию  $ns^2np^5$ :

F	$1s^22s^22p^5$	или $[\text{He}]2s^22p^5$
Cl	$1s^22s^22p^63s^23p^5$	или $[\text{Ne}]3s^23p^5$
Br	$1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^5$	или $[\text{Ar}]4s^24p^5$
I	$1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^64d^{10}5s^25p^5$	или $[\text{Kr}]5s^25p^5$

Сходство в строении внешней электронной оболочки объясняет и сходство в свойствах самих галогенов.

Так, все галогены — окислители. Атомы галогенов стремятся присоединить электрон до завершения внешнего энергетического уровня, поэтому все галогены образуют устойчивые производные в степени окисления -1. Поскольку фтор является самым электроотрицательным элементом, он проявляет единственную степень окисления -1. Остальные галогены образуют производные и в положительных степенях окисления: +1, +3, +5 и +7.

Молекулы галогенов двухатомны. В ряду простых веществ: фтор — хлор — бром — иод температуры кипения и плавления возрастают.

Элементы кислород, сера, селен, теллур и полоний образуют VIA группу. Первые 4 из них имеют неметаллический характер, полоний относится к металлам. Элементы VIA группы имеют одинаковую электронную конфигурацию валентных электронов  $ns^2np^4$ . До завершения внешнего уровня

не хватает двух электронов, поэтому низшая степень окисления кислорода, серы, селена и теллура равна  $-2$ . Высшая степень окисления равна номеру группы, а именно  $+6$ . Для кислорода не существует производных в высшей степени окисления. Для кислорода возможны степени окисления  $-1$  (в пероксидах  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,  $\text{BaO}_2$ ),  $+1$  и  $+2$  (во фторидах кислорода  $\text{O}_2\text{F}_2$  и  $\text{OF}_2$ ). В ряду кислород, сера, селен, теллур, полоний увеличивается радиус атома, уменьшается энергия ионизации, уменьшается электроотрицательность. По химическим свойствам кислород и его аналоги — типичные неметаллы, хотя и менее активные, чем галогены.

Элементы азот, фосфор, мышьяк, сурьма и висмут образуют VA группу. С увеличением атомного радиуса по подгруппе увеличивается атомный радиус, уменьшается энергия ионизации, уменьшается электроотрицательность. Это приводит к ослаблению неметаллических и к возрастанию металлических свойств — так, висмут относится к металлам. Электронная конфигурация внешнего энергетического уровня  $ns^2np^3$  объясняет существование низшей степени окисления  $-3$  и высшей, равной  $+5$ . Степень окисления  $-3$  проявляется в водородных соединениях состава  $\text{H}_3\mathcal{E}$ , положительные степени окисления характерны для оксидов, гидроксидов (кислот) и солей, например  $\mathcal{E}_2\text{O}_3$ ,  $\mathcal{E}_2\text{O}_5$ ,  $\mathcal{E}(\text{OH})_3$ ,  $\text{H}\mathcal{E}\text{O}_2$ .

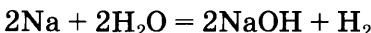
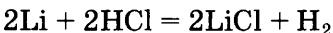
Элементы углерод, кремний, германий, олово и свинец образуют IVA группу. Радиусы атомов увеличиваются от углерода к свинцу, энергия ионизации и электроотрицательность уменьшаются. Это приводит к ослаблению неметаллических свойств и к усилинию металлических. Так, углерод и кремний относятся к типичным неметаллам, у германия появляются признаки металлических свойств, а олово и свинец являются металлами. Степени окисления неметаллов IVA группы могут быть от низшей, равной  $-4$ , до максимально возможной  $+4$ . Наряду с этими степенями окисления существуют устойчивые производные и в степени окисления  $+2$ . Оксиды углерода и кремния(IV) проявляют кислотные свойства, оксиды остальных элементов этой группы амфотерны.

## **Химические свойства простых неорганических веществ**

### **Химические свойства простых веществ**

*Характерные химические свойства простых веществ-металлов: щелочных, щелочноземельных, алюминия, переходных металлов — меди, цинка, хрома, железа*

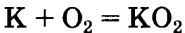
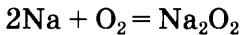
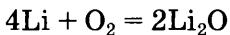
**Химические свойства щелочных металлов.** Щелочные металлы обладают наибольшей среди всех металлов химической активностью, являясь очень сильными восстановителями. Так, они вытесняют водород не только из кислот, но и из воды и даже из спиртов:



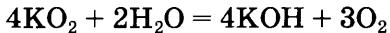
Литий взаимодействует с водой относительно спокойно, натрий — бурно, калий воспламеняется в контакте с водой, рубидий и цезий реагируют взрывообразно.

Все щелочные металлы довольно легко окисляются кислородом воздуха (поэтому хранят их или в керосине, или под слоем минерального масла, или в вакуумированных ампулах).

Продукты взаимодействия щелочных металлов с кислородом различны. Если литий окисляется до оксида, то натрий образует в основном пероксид, а калий — надпероксид:



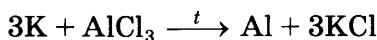
Пероксиды и надпероксиды щелочных металлов являются сильнейшими окислителями, бурно разлагающимися водой, например:



Щелочные металлы реагируют практически со всеми неметаллами (исключая инертные газы).

Несмотря на высокую активность, щелочные металлы не используют для выделения других металлов из водных растворов их солей, поскольку щелочные металлы в первую очередь взаимодействуют с водой.

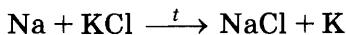
В то же время щелочные металлы можно использовать как восстановители при взаимодействии с расплавленными солями. В частности, взаимодействием калия и хлорида алюминия был получен первый образец металлического алюминия:



Все соли щелочных металлов хорошо растворимы в воде.

Качественной реакцией на ионы щелочных металлов является окрашивание пламени: ионы лития окрашивают пламя в карминово-красный цвет, ионы натрия — в желтый, ионы калия — в фиолетовый.

Получают щелочные металлы электролизом расплавов хлоридов или гидроксидов, а также вытеснением другими активными металлами:

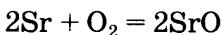
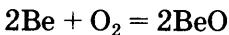


Протекание последней реакции возможно из-за большей летучести калия по сравнению с натрием.

**Химические свойства металлов II A группы.** Химическая активность металлов II A группы ниже, чем у щелочных металлов. По ряду Be—Ra атомный радиус увеличивается, энергия ионизации атомов уменьшается, следовательно, химическая активность металлов по подгруппе увеличивается. Наименее активен бериллий. Свойства бериллия сильно отличаются от свойств остальных элементов II A группы, приближаясь к свойствам алюминия. Так, оксид и гидроксид бериллия проявляют амфотерные свойства в отличие от оксидов и гидроксидов щелочноземельных металлов.

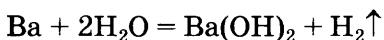
На воздухе бериллий и магний вполне устойчивы, т.к. покрыты прочной оксидной пленкой. При высокой температуре эти металлы взаимодействуют с кислородом, окисляясь до ок-

сидов. Кальций и другие щелочноземельные металлы, будучи более активными, окисляются кислородом уже на холода:

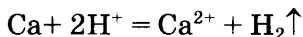


При нагревании все металлы IIА группы взаимодействуют с галогенами, серой, азотом, фосфором.

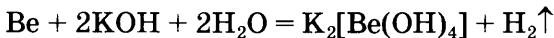
С водой бериллий не реагирует даже при высокой температуре, в то время как магний взаимодействует с горячей водой, а кальций и его аналоги — даже с холодной:



Все металлы IIА группы легко растворяются в кислотах, образуя соли:



Бериллий в силу амфoterности его оксида и гидроксида может взаимодействовать и с растворами щелочей с образованием гидроксобериллатов:

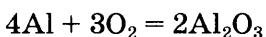


В ряду оксидов  $\text{BeO}-\text{MgO}-\text{CaO}-\text{SrO}-\text{BaO}-\text{RaO}$  основность возрастает, такая же тенденция прослеживается и в ряду гидроксидов. Если  $\text{BeO}$  и  $\text{Be}(\text{OH})_2$  проявляют амфотерные свойства, то остальные оксиды и гидроксиды — исключительно основные. Гидроксиды кальция, стронция, бария и рения являются сильными основаниями и относятся к щелочам.

**Химические свойства алюминия.** Химическая активность алюминия довольно высока, в ряду активности металлов он расположен непосредственно за щелочноземельными металлами и магнием.

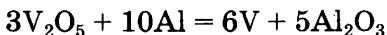
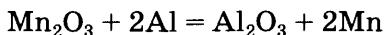
Проявляя сильные восстановительные свойства, алюминий реагирует с неметаллами, кислотами, солями, оксидами, а также растворами щелочей.

Кислородом алюминий окисляется с образованием оксида:

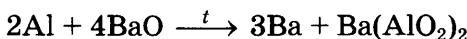


Металлический алюминий с поверхности всегда покрыт тонкой пленкой оксида, образование которой объясняет пониженную химическую активность металла по сравнению с той, которой он должен обладать по положению в ряду активности.

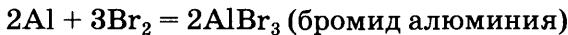
Из-за высокой теплоты образования  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (1676 кДж/моль) металлический алюминий способен восстанавливать многие оксиды до свободных металлов:



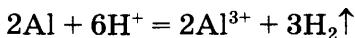
Эта реакция (реакция алюминотермии) используется в промышленности при получении бария, стронция, ванадия, хрома, вольфрама и др. Так, алюминий при нагревании способен выделить даже щелочноземельный металл барий из его оксида:



Галогены взаимодействуют с алюминием с образованием галогенидов, например:

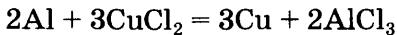


Алюминий взаимодействует также с серой, фосфором, азотом, углеродом. Алюминий легко взаимодействует с кислотами с образованием солей:



В то же время концентрированные серная и азотная кислоты без нагревания на алюминий не действуют (пассивация металла).

Алюминий может вытеснять менее активные металлы из растворов их солей, например:

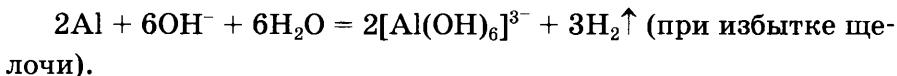
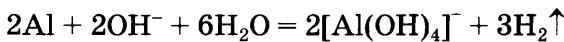


Алюминий может взаимодействовать как с твердыми щелочами (при сплавлении с ними), так и с водными растворами

щелочей. При нагревании с твердыми щелочами алюминий образует оксоалюминаты:



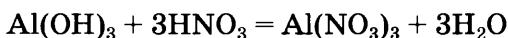
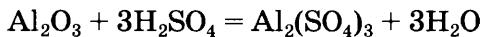
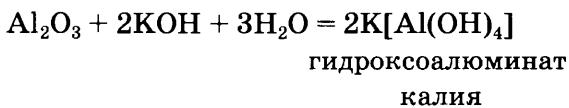
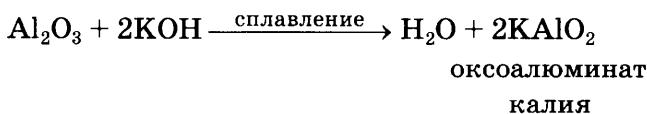
Гидроксоалюминаты образуются при растворении алюминия в растворах щелочей:



При удалении с алюминия прочной оксидной пленки (например, при амальгамировании или действии щелочей) активность алюминия повышается настолько, что возможно его взаимодействие с водой:



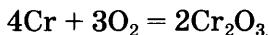
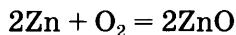
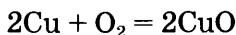
Наиболее важное соединение алюминия — его оксид. И оксид, и гидроксид алюминия, проявляя амфотерные свойства, взаимодействуют как с кислотами, так и с щелочами (или другими реагентами кислотной или основной природы), например:



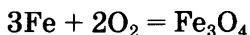
**Химические свойства переходных металлов.** Медь, цинк, хром и железо — типичные представители переходных металлов. Химическая активность переходных металлов, как правило, несколько ниже, чем непереходных металлов. Толь-

ко цинку и марганцу проявляют химическую активность, приближающуюся к алюминию и магнию.

Все переходные металлы окисляются кислородом при нагревании с образованием характерных оксидов:

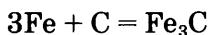
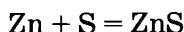


Железо окисляется, в зависимости от температуры, с образованием оксидов  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :



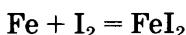
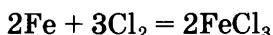
Оксид состава  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  называется *железной окалиной*. Его можно рассматривать как двойной оксид, содержащий железо в двух степенях окисления:  $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ , или как  $\text{Fe}^{+2}(\text{Fe}^{+3}\text{O}_2)_2$ . В природе  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  встречается в виде минерала магнетита (магнитного железняка).

При нагревании металлы реагируют с такими неметаллами, как сера, углерод, азот, фосфор, галогены, например:

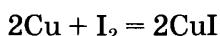
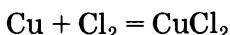


карбид железа

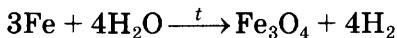
Фтор, хлор и бром окисляют железо до степени окисления +3, в то время как иод (слабый окислитель) — до степени окисления +2:



Аналогично медь по-разному взаимодействует с галогенами:



С водой цинк и железо реагируют при высоких температурах, образуя оксиды и водород:

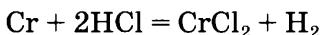
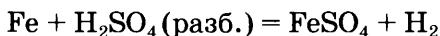
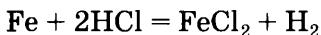


В присутствии кислорода железо медленно взаимодействует с водой, окисляясь до гидроксида железа (III):

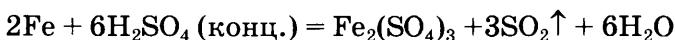


Эта реакции лежит в основе процесса ржавления железа. Медь с водой не взаимодействует.

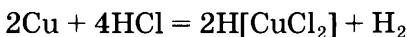
Железо, цинк и хром, находясь в электрохимическом ряду металлов до водорода, взаимодействуют с кислотами, выделяя водород, например:



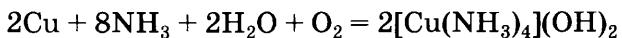
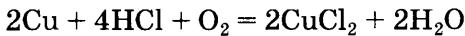
Концентрированными азотной и серной кислотами железо и хром на холodu пассивируются, однако при нагревании возможны и эти реакции, например:



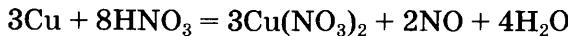
Медь в ряду активности металлов располагается после водорода, поэтому, как правило, не выделяет водород из кислот. Порошок меди медленно при нагревании взаимодействует с концентрированной соляной кислотой с выделением водорода и с образованием комплексного соединения меди(I):



В присутствии окислителей медь легко растворяется не только в соляной кислоте, но и в растворе аммиака:

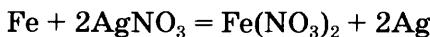


Лучшим растворителем для меди является азотная кислота или концентрированная серная:



С водными растворами щелочей переходные металлы практически не реагируют.

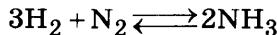
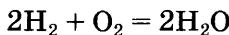
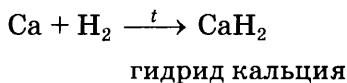
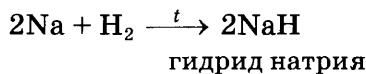
Переходные металлы могут взаимодействовать и с солями, вытесняя из них менее активные металлы, например:



*Характерные химические свойства простых веществ-неметаллов: водорода, галогенов, кислорода, серы, азота, фосфора, углерода, кремния*

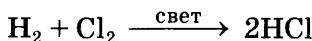
**Химические свойства водорода.** Рассмотрим свойства водорода как простого вещества. При обычных условиях водород довольно мало активен, что объясняется высокой прочностью его молекулы  $\text{H}_2$ : энергия связи  $\text{H}-\text{H}$  равна 430 кДж/моль. Однако при нагревании или в присутствии катализатора, ослабляющего связь в молекуле, химическая активность водорода усиливается.

Так, для водорода возможны реакции с простыми веществами:



Последняя реакция протекает при нагревании, под давлением в присутствии катализатора.

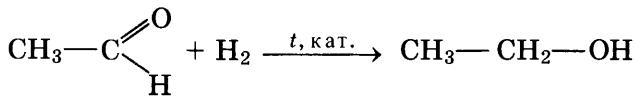
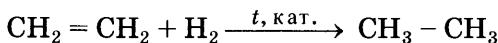
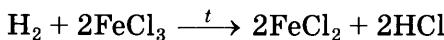
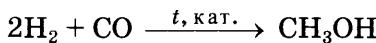
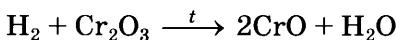
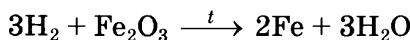
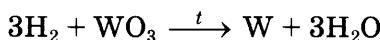
Взаимодействует водород и с галогенами с образованием галогеноводородов, например:



Реакция водорода со фтором протекает в любых условиях (даже в темноте при охлаждении до температуры  $-196^{\circ}\text{C}$ ) и сопровождается взрывом. Взаимодействие водорода и хлора требует яркого освещения, необходимого для инициализации процесса (появления активных радикалов). Взаимодействие водорода с бромом протекает только при нагревании, а с иодом — при нагревании в присутствии катализатора.

С такими неметаллами, как бор, кремний, фосфор, мышьяк, селен, теллур и инертные газы, водород не взаимодействует.

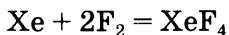
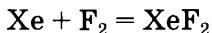
Реагирует водород и со сложными веществами, например:



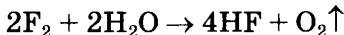
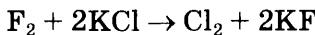
В органической химии реакции присоединения водорода называются **реакциями гидрирования**. Среди рассмотренных примеров только при взаимодействии с металлами водород проявляет окислительные свойства, во всех других реакциях водород действует как восстановитель.

**Химические свойства галогенов.** Фтор — самый реакционноспособный неметалл, соединяется со всеми другими металлами и неметаллами, исключая гелий, неон и аргон. Неметаллы фтором окисляются, как правило, до высших степеней окисления.

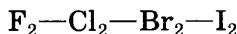
Фтор настолько сильный окислитель, что способен окислять даже инертные (благородные) газы:



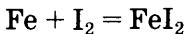
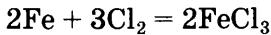
Фтор вытесняет другие галогены из галогенидов, а также кислород из воды:



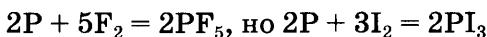
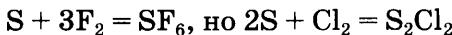
Химическая активность других галогенов ниже по сравнению с фтором, причем окислительная способность в ряду убывает:



Так, хлор реагирует с железом с образованием трихлорида, а иод — с образованием дииодида железа:



Сравните следующие уравнения реакций:

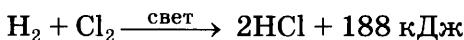


Непосредственно с галогенами не реагируют только кислород, азот, гелий, неон и аргон.

Отдельно рассмотрим взаимодействие галогенов с водородом. Фтор, как самый сильный окислитель, реагирует с водородом со взрывом при любых условиях, даже при низких температурах и в темноте:



Взаимодействие хлора с водородом требует сильного освещения для своего начала:

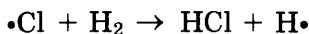


Эта реакция протекает по цепному радикальному механизму, который включает в себя три стадии:

— инициализация цепи под действием кванта световой энергии с образованием радикалов:



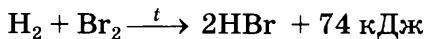
— развитие цепи за счет последовательно протекающих реакций:



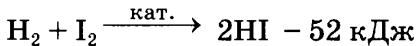
— обрыв цепи за счет взаимодействия двух радикалов:



Взаимодействие брома с водородом происходит только при нагревании:



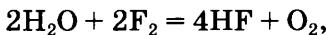
Взаимодействие иода с водородом относится к эндотермическим реакциям и, кроме нагревания, требует присутствия платины как катализатора:



Эти факты также свидетельствуют о снижении химической активности и окислительной способности в ряду галогенов.

Кроме простых веществ, галогены активно взаимодействуют со сложными веществами.

Если взаимодействие фтора с водой сопровождается окислением ее до свободного кислорода:

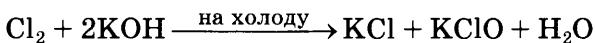


то взаимодействие с водой других галогенов протекает иначе. Так, при растворении хлора в воде («хлорная вода») происходит диспропорционирование хлора с понижением и повышением степени окисления:



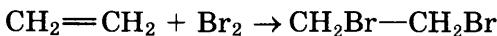
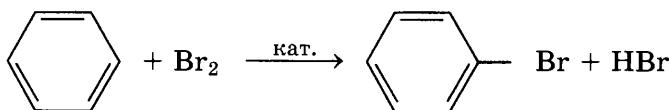
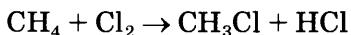
При этом в растворе наряду с растворенными молекулами хлора образуются две кислоты — хлороводородная и хлорноватистая.

В щелочной среде равновесие смещается вправо, поэтому взаимодействие галогенов с щелочами носит практически необратимый характер:



На холода хлор окисляется до степени окисления +1 с образованием гипохлорита калия, а при нагревании — до степени окисления +5 с образованием хлората калия.

Галогены могут взаимодействовать не только с неорганическими, но и с органическими веществами, вступая с ними в реакции присоединения или замещения, например:

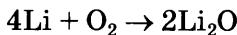
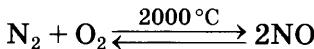
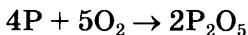
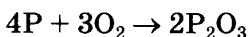
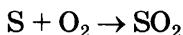


обесцвечивание бромной воды является качественной реакцией на непредельные соединения.

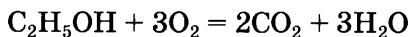
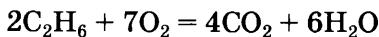
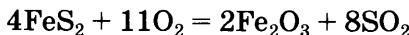
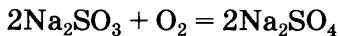
**Химические свойства кислорода.** Элемент кислород образует два простых вещества — кислород O<sub>2</sub> и озон O<sub>3</sub>. Рассмотрим вначале химические свойства кислорода.

Благодаря высокой электроотрицательности кислород — довольно сильный окислитель — реагирует с большинством простых и сложных веществ.

Из простых веществ не окисляются кислородом только благородные металлы, галогены и инертные газы, в остальных случаях образуются оксиды или пероксиды, например:

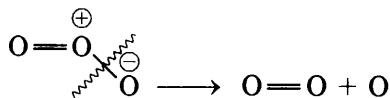


Кислород взаимодействует также со сложными веществами, как неорганическими, так и органическими, например:



Во всех приведенных примерах кислород выступает как окислитель.

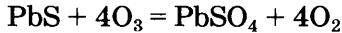
Озон — другая аллотропная модификация кислорода. Он более сильный окислитель, чем кислород. Это связано с легкостью разрыва одной из связей в молекуле  $O_3$  с образованием атомарного кислорода:



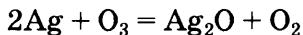
Озон реагирует с аммиаком, окисляя его до нитрата:



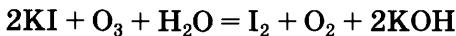
Озон реагирует с сульфидами, окисляя их до сульфатов:



Если с кислородом серебро не взаимодействует даже при нагревании, то озон, в отличие от кислорода, окисляет металлическое серебро до оксида (наряду с  $Ag_2O$  образуется  $AgO$ ):

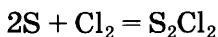
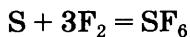
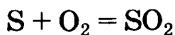


Качественной реакцией на озон является выделение иода при пропускании газа через раствор иодида калия:

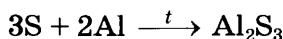
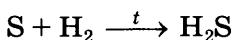


**Химические свойства серы.** Существует несколько аллотропных модификаций серы, среди которых при обычных условиях наиболее устойчива сера *ромбическая*. Молекулы ромбической серы состоят из восьми атомов:  $\text{S}_8$ . При обычных условиях сера химически малоактивна, но при нагревании ее активность возрастает. Серу взаимодействует с неметаллами, металлами, сложными веществами, проявляя свойства и восстановителя (с более электроотрицательными элементами), и окислителя (с менее электроотрицательными элементами).

Например, сера как *восстановитель* вступает в реакции с более сильными окислителями:



Сера как *окислитель*:

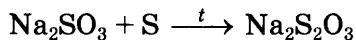


Для серы возможны также реакции диспропорционирования (одновременного окисления-восстановления). Так, при нагревании с щелочами протекает реакция диспропорционирования серы до степеней окисления  $-2$  и  $+4$ :

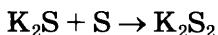


Так как для химии серы характерно образование цепочек ...—S—S—S—..., то элементарная сера может реагировать с некоторыми серосодержащими веществами с образованием

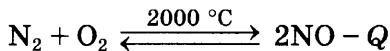
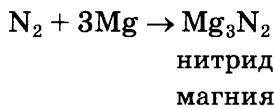
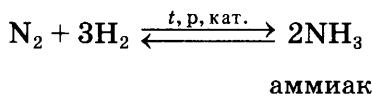
соединений, содержащих несколько атомов S. Так, при кипячении раствора сульфита натрия сера легко присоединяется к сульфит-иону с образованием тиосульфат-иона ( $S_2O_3^{2-}$ ):



Сульфиды щелочных металлов легко присоединяют избыток серы с образованием полисульфидов:



**Химические свойства азота.** Как простое вещество азот состоит из двухатомных молекул  $N_2$ . При обычных условиях он обладает весьма низкой реакционной способностью. Это связано с высокой прочностью тройной связи в молекуле азота: для разрыва тройной связи необходима энергия 945 кДж/моль. И даже при нагревании активность азота возрастает незначительно. Так, при нагревании азот взаимодействует с водородом, кислородом, активными металлами:



Если в первых двух реакциях азот — окислитель и восстанавливается до степени окисления 3, то в последней реакции азот проявляет восстановительные свойства.

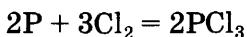
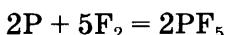
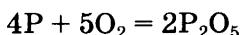
Важнейшие соединения азота — аммиак  $NH_3$ , азотистая кислота  $HNO_2$ , азотная кислота  $HNO_3$  и их соли.

**Химические свойства фосфора.** Элемент фосфор образует несколько простых веществ: белый фосфор, красный фосфор,

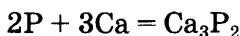
черный фосфор. Известны и другие аллотропные модификации фосфора. Белый фосфор имеет молекулярное строение, его молекула состоит из четырех атомов  $P_4$ . Остальные модификации имеют атомные (координационные) решетки.

Наибольшей химической активностью обладает белый фосфор, он самовоспламеняется уже при  $40^{\circ}\text{C}$ , поэтому хранят его под водой. Химическая активность красного фосфора намного ниже.

Фосфор в химических реакциях может быть как восстановителем:

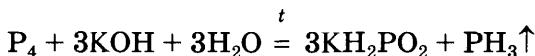


так и окислителем:

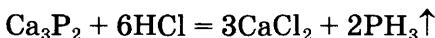


фосфид кальция

Когда необходимо показать, что в реакцию вступает именно белый фосфор, то уравнение реакции записывают с участием молекул  $P_4$ . Так, при взаимодействии белого фосфора с горячим раствором щелочи выделяется газ фосфин:



Наряду с фосфином в этой реакции образуется соль фосфорноватистой кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_2$ . Другим способом получения фосфина является гидролиз фосфидов в воде или в растворе кислоты:

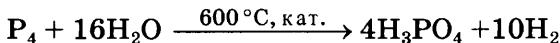


Напрямую фосфор с водородом практически не взаимодействует. Следует отметить, что в отличие от аммиака фосфин обладает лишь весьма малыми основными свойствами.

Фосфор легко окисляется сильными неорганическими окислителями, такими как  $\text{HNO}_3$  или  $\text{KMnO}_4$ :



При сильном нагревании фосфор взаимодействует с водой с образованием ортофосфорной кислоты:



Эта реакция лежит в основе одного из промышленных способов получения ортофосфорной кислоты.

**Химические свойства углерода и кремния.** Углерод и кремний — элементы IVA группы. В своих соединениях углерод и кремний могут проявлять степени окисления от минимальной  $-4$  до максимальной, равной номеру группы,  $+4$ . Вот примеры соединений углерода в различных степенях окисления:

$-4$  метан  $\text{CH}_4$ , карбид алюминия  $\text{Al}_4\text{C}_3$

$-2$  хлорметан  $\text{CH}_3\text{Cl}$

$-1$  карбид кальция  $\text{CaC}_2$

$0$  дихлорметан  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , формальдегид  $\text{HCHO}$

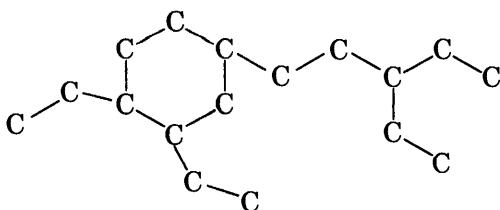
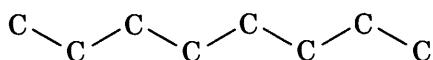
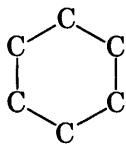
$+2$  угарный газ  $\text{CO}$ , муравьиная кислота  $\text{HCOOH}$

$+3$  щавелевая кислота  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

$+4$  углекислый газ  $\text{CO}_2$ , карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$ .

Углерод и кремний относятся к типичным неметаллам. Для углерода характерна аллотропия. Существуют следующие аллотропные модификации углерода: алмаз, графит, карбин и фуллерен.

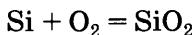
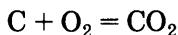
В противоположность атомам других элементов атомы углерода могут соединяться в цепи и замкнутые циклы:



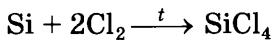
что объясняет существование огромного числа органических соединений.

При обычных условиях углерод, и кремний обладают малой реакционной способностью. Однако нагревание резко усиливает их химическую активность, углерод и кремний при нагревании реагируют со многими простыми и сложными веществами.

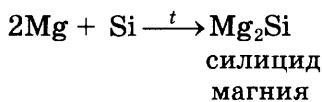
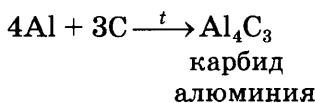
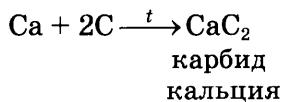
При нагревании с кислородом оба неметалла образуют оксиды, проявляя восстановительные свойства:



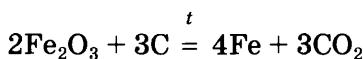
При нагревании возможны реакции с галогенами, серой, другими неметаллами:



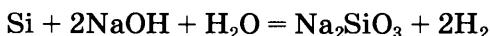
Окислительные свойства для углерода и кремния проявляются только в реакциях с металлами:



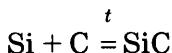
Восстановительные свойства углерода и кремния при высокой температуре настолько велики, что как тот, так и другой используют в промышленных методах получения металлов:



Кремний может взаимодействовать с щелочами при нагревании, образуя силикаты:



Углерод и кремний могут взаимодействовать друг с другом, образуя карбид кремния:

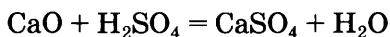
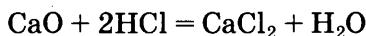


Карбид кремния под названием карборунд используется как эффективный абразивный материал.

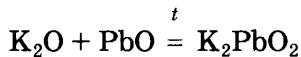
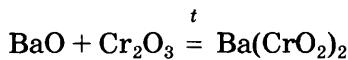
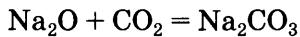
## **Химические свойства сложных неорганических веществ**

### **Характерные химические свойства оксидов: основных, амфотерных, кислотных**

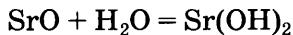
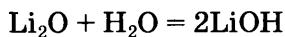
**Химические свойства основных оксидов.** Все основные оксиды взаимодействуют с кислотами, образуя соли, например:



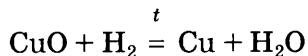
Основные оксиды реагируют с кислотными и с амфотерными оксидами с образованием солей:



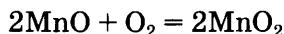
Оксиды щелочных и щелочноземельных металлов, а также таллия(I) взаимодействуют с водой с образованием растворимых в воде оснований — щелочей:



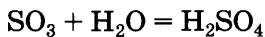
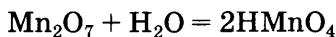
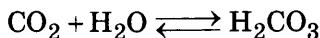
Некоторые из основных оксидов могут восстанавливаться под действием восстановителей или разлагаться при нагревании:



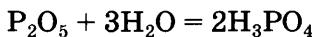
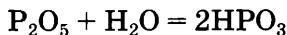
Под действием сильных окислителей некоторые из основных оксидов могут быть окислены до более высоких степеней окисления, например:



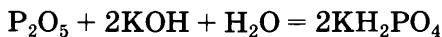
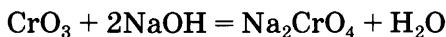
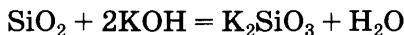
**Химические свойства кислотных оксидов.** Кислотные оксиды (исключая оксид кремния(IV)) взаимодействуют с водой с образованием соответствующих кислот:



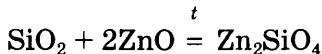
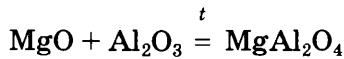
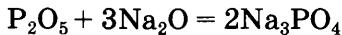
Оксид фосфора(V), взаимодействуя с водой, может образовать как метафосфорную, так и ортофосфорную кислоту:



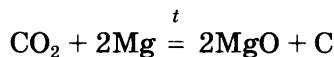
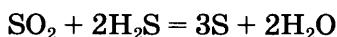
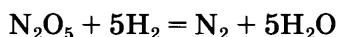
Кислотные оксиды взаимодействуют с основаниями, образуя соли:



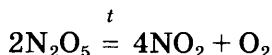
Кислотные оксиды могут взаимодействовать с основными и амфотерными оксидами с образованием солей:



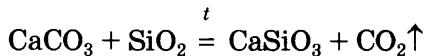
Некоторые из кислотных оксидов могут вступать в окислительно-восстановительные реакции, проявляя как окислильные, так и восстановительные свойства:



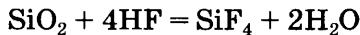
Некоторые из кислотных оксидов могут разлагаться при нагревании:



При нагревании некоторые кислотные оксиды вытесняют более летучие из их солей. Так, при производстве стекла протекает реакция:

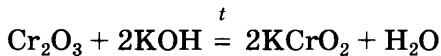
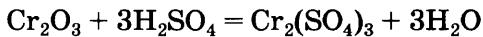


Интересной особенностью оксида кремния (IV) является взаимодействие его с плавиковой кислотой:

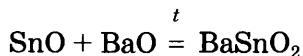
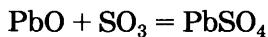


Эта реакция лежит в основе «травления» стекла.

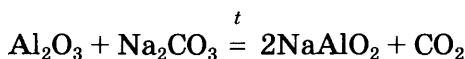
**Химические свойства амфотерных оксидов.** Амфотерные оксиды взаимодействуют как с кислотами, так и со щелочами с образованием солей:



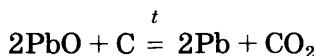
Амфотерные оксиды могут взаимодействовать с кислотными и основными оксидами с образованием солей:



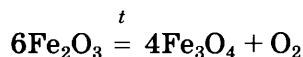
Некоторые из амфотерных оксидов при нагревании реагируют с солями:



Амфотерные оксиды могут вступать в окислительно-восстановительные реакции, проявляя свойства окислителей или восстановителей:



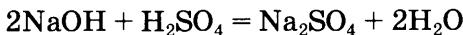
При нагревании некоторые амфотерные оксиды могут разлагаться:



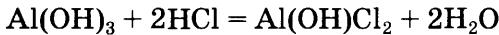
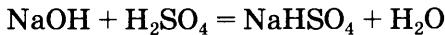
## Характерные химические свойства оснований и амфотерных гидроксидов

С точки зрения теории электролитической диссоциации С. Аррениуса **основания** — сложные вещества, при диссоциации которых в качестве анионов образуются только гидроксид-ионы. Основаниями в соответствии с этим определением являются гидроксиды металлов — щелочных, щелочноземельных и некоторых других в невысоких степенях окисления. Растворимые в воде сильные основания называют **щелочами**. Щелочи изменяют окраску индикаторов: фенолфталеин становится малиновым, лакмус — синим, метилоранж — желтым.

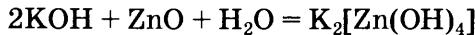
Все основания реагируют с кислотами с образованием солей (*реакция нейтрализации*):



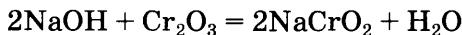
Наряду со средними солями в ходе этих реакций могут образовываться кислые или основные соли:



Основания реагируют с кислотными и амфотерными оксидами с образованием солей. В последнем случае в водном растворе образуются комплексные гидроксосоли, а при сплавлении реагентов — оксосоли:

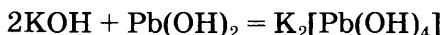
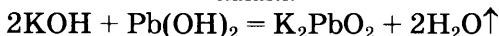


сплавл.

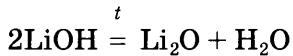
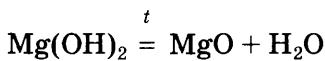


Основания реагируют с амфотерными гидроксидами с образованием солей. При сплавлении образуются оксосоли, в водном растворе — комплексные гидроксосоли:

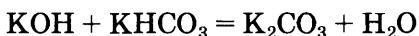
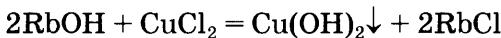
сплавл.



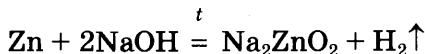
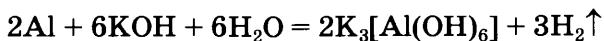
Нерастворимые в воде основания (а также гидроксид лития) разлагаются при нагревании с образованием соответствующего основного оксида и воды:



Щелочи могут взаимодействовать с солями. Подобные реакции возможны, если в ходе них образуются осадок, газ или слабый электролит:



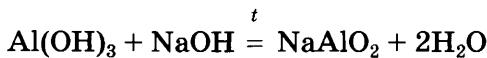
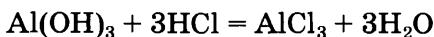
Следует также помнить, что щелочи могут реагировать с некоторыми металлами и неметаллами (окислительно-восстановительные реакции):



Амфотерные гидроксиды сочетают в себе свойства как оснований, так и кислот. Так, они могут реагировать и с веществами кислотной природы, и с веществами основной природы. Амфотерными являются гидроксиды алюминия, цинка, хрома(III), сурьмы, свинца(II), олова, железа(III) и др. Такие гидроксиды, как  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , проявляют настолько слабые амфотерные свойства, что их относят к основаниям (кислотными свойствами пренебрегают).

Рассмотрим химические свойства амфотерных гидроксидов на примере гидроксида алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

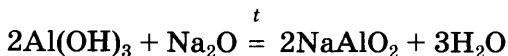
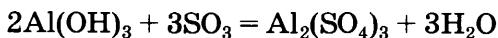
Амфотерные гидроксиды реагируют и с кислотами, и с щелочами:



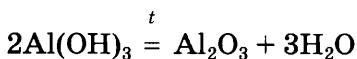
Вторая реакция, сопровождающаяся образованием метаалюмината натрия (оксоалюмината), протекает только при сплавлении реагентов. В водном растворе щелочи образуются различные по составу комплексные соли (гидроксоалюминаты):



Амфотерные гидроксиды взаимодействуют с кислотными и основными оксидами с образованием солей:

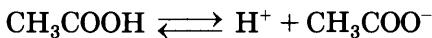


При нагревании амфотерные гидроксиды разлагаются с образованием соответствующих оксидов и воды:



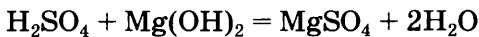
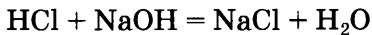
### Характерные химические свойства кислот

**Общие свойства кислот.** Связаны с наличием в их водных растворах гидратированных ионов водорода, образующихся в процессе электролитической диссоциации:



Так, все кислоты изменяют окраску индикаторов: лакмус приобретает красный цвет, метилоранж — розовый.

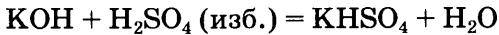
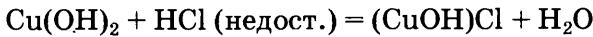
Все кислоты взаимодействуют с растворимыми и нерастворимыми основаниями (реакция нейтрализации):



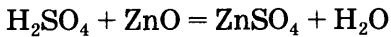
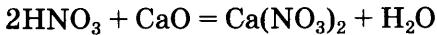
В кратком ионном виде уравнение реакции нейтрализации сильной кислоты с сильным основанием запишется так:



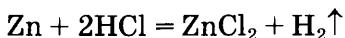
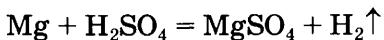
В ходе этих реакций возможно образование не только средних, но и кислых или основных солей:



Кислоты взаимодействуют с оксидами — основными и амфотерными. При этом образуются соль и вода:



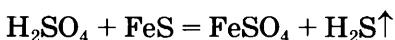
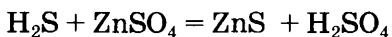
Кислоты взаимодействуют с металлами, стоящими в ряду напряжений металлов до водорода, с образованием соли и водорода:



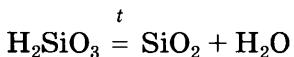
Взаимодействие азотной и концентрированной серной кислот с металлами будет рассмотрено ниже.

В некоторых случаях металлы не взаимодействуют с растворами кислот, хотя стоят в ряду активности металлов до водорода. Так, свинец не реагирует с разбавленной соляной кислотой, хотя растворяется в концентрированной. Это связано с тем, что образующийся в ходе реакции нерастворимый хлорид свинца  $\text{PbCl}_2$  покрывает металл пленкой и защищает его от действия кислоты.

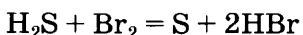
Кислоты могут взаимодействовать с солями. Этот тип реакций возможен в случае выделения газа, образования осадка или слабого электролита:



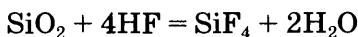
Некоторые кислоты могут разлагаться при нагревании, например:



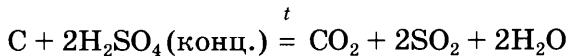
Кислоты могут участвовать не только в кислотно-основных, но и в окислительно-восстановительных реакциях:



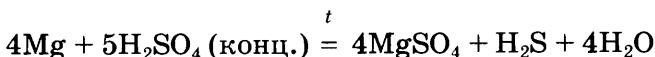
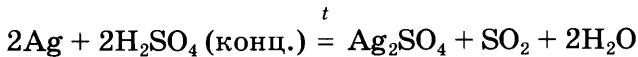
Важным свойством плавиковой кислоты является ее растворяющее действие на стекло, что связано с реакцией с диоксидом кремния, входящим в состав стекла:



**Специфические свойства серной кислоты.** Концентрированная серная кислота является довольно сильным окислителем, особенно при нагревании. Так, она окисляет бромид-, иодид-ионы, некоторые простые вещества (серу, уголь) и другие:

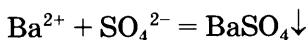


Концентрированная серная кислота может окислять некоторые малоактивные металлы, стоящие в ряду активности после водорода (Cu, Hg, Ag). Поскольку окислителем в данном случае являются не ионы водорода  $\text{H}^+$  (как в разбавленном растворе кислоты), а сера(VI), то в ходе реакции выделяется не водород, а продукты восстановления серы(VI): сероводород, диоксид серы, сера:

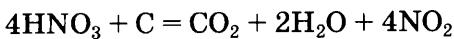
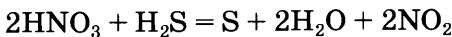


Концентрированная серная кислота не растворяет (пассивирует) такие металлы, как алюминий, железо, хром.

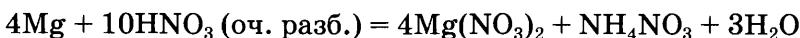
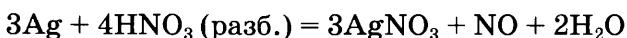
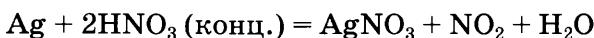
Качественной реакцией на серную кислоту и ее соли является образование белого, не растворимого в кислотах осадка при действии солей бария:



**Специфические свойства азотной кислоты.** Азотная кислота, особенно концентрированная, проявляет сильные окислительные свойства. Так, она окисляет сульфиды, сульфиты, многие простые вещества (иод, углерод, фосфор, серу) и т.д.:



Азотная кислота (даже разбавленная) растворяет многие малоактивные металлы (медь, серебро, ртуть). Поскольку азотная кислота является окислителем за счет азота(V), то продуктом ее восстановления являются различные соединения азота:  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_4^+$ . Водород, как правило, при взаимодействии металлов с азотной кислотой не выделяется. Состав продукта восстановления азотной кислоты зависит от концентрации азотной кислоты и активности металла. Вероятность выделения  $\text{NO}_2$  наибольшая в случае использования неактивного металла и концентрированной азотной кислоты. Напротив, образование ионов аммония возможно при растворении в очень разбавленной азотной кислоте активного металла:



Концентрированная азотная кислота не растворяет (пассивирует) такие металлы, как алюминий, железо, хром.

### Характерные химические свойства солей: средних, кислых, основных, комплексных (на примере соединений алюминия и цинка)

Химические свойства солей определяются природой катиона и аниона, из которых соль образована.

В водных растворах или расплавах соли диссоциируют на составляющие ионы:



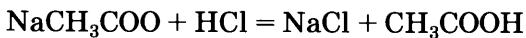
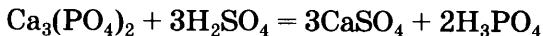
Как правило, соли являются сильными электролитами. Это справедливо и для практически нерастворимых солей типа  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaF}_2$ :



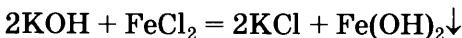
Рассмотрим теперь некоторые из реакций с участием солей.

Соли могут вступать в *реакции ионного обмена* с кислотами, основаниями и другими солями. Непременным условием возможности протекания таких реакций является выделение газа, образование осадка или слабого электролита. Рассмотрим примеры таких реакций:

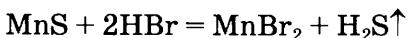
— вытеснение слабой кислоты из ее соли под действием более сильной кислоты:



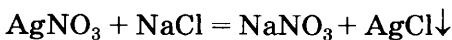
— образование осадка малорастворимого основания при действии щелочи на соль:



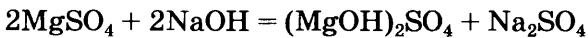
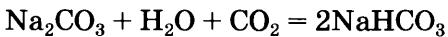
— выделение газообразного продукта в ходе реакции:



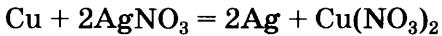
— образование осадка при взаимодействии двух солей:



В ряде случаев при взаимодействии солей с кислотами или основаниями могут получиться кислые или основные соли, например:



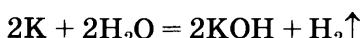
Соли могут вступать в *реакции замещения* с металлами. В ходе этих реакций более активный металл вытесняет менее активный из раствора его соли:



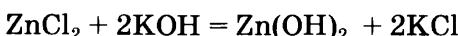
Для предсказания возможности таких реакций необходимо использовать *электрохимический ряд стандартных электролитов*.

*тродных потенциалов* (ряд напряжений металлов). Так, металлический свинец может вытеснять из солей такие металлы, как медь, серебро, золото. В свою очередь, свинец может быть выделен из своих солей под действием магния, марганца, цинка.

Следует отметить, что не всегда возможна ожидаемая реакция вытеснения одного металла другим на основании положения этих металлов в ряду напряжений. Так, металлический калий при внесении в раствор хлорида цинка в первую очередь будет взаимодействовать с водой с образованием щелочи:

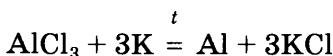


Образовавшаяся щелочь с солью цинка даст осадок гидроксида цинка:

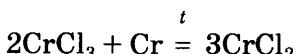
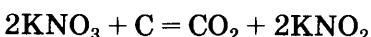


Таким образом, выделения цинка происходит не будет.

Реакции вытеснения одних металлов другими могут идти не только в растворе. Так, впервые металлический алюминий был получен вытеснением алюминия калием из расплавленного хлорида алюминия:

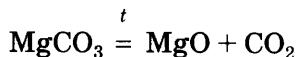
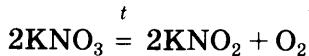


Соли могут участвовать в *окислительно-восстановительных реакциях*. Одни соли проявляют сильные восстановительные свойства, другие — окислительные. Сильными восстановителями являются  $\text{SnCl}_2$ ,  $\text{CrCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{CuCl}$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_3$  и др. Окислительные свойства проявляют  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KClO}_3$  и др. Примеры окислительно-восстановительных реакций с участием солей:



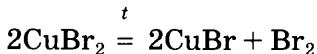
Некоторые соли (главным образом, соли кислородсодержащих кислот) *разлагаются при нагревании*. К таким солям

относятся карбонаты, нитраты, перманганаты, хлораты, перхлораты, дихроматы и др.:

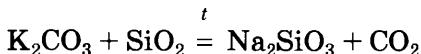


Если первая реакция относится к окислительно-восстановительным, то две последние происходят без изменения степеней окисления.

Разлагаются при нагревании и соли бескислородных кислот, например галогениды:

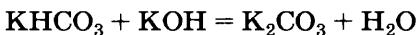


Некоторые соли могут взаимодействовать с кислотными оксидами:



В первой реакции при взаимодействии сульфата натрия и оксида серы (VI) образуется дисульфат (или пиросульфат) натрия — соль дисерной кислоты  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ , входящей в состав олеума. Во второй реакции диоксид кремния вытесняет более летучий диоксид углерода из силиката калия.

Кислые соли под действием оснований могут быть переведены в средние:



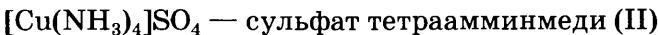
Средние соли под действием кислот могут быть переведены в кислые:



Растворы некоторых кислых солей могут взаимодействовать с металлами с выделением водорода:

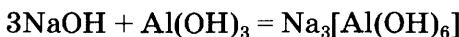
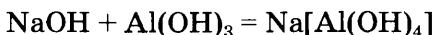


**Комплексными** называют соли, в состав которых входят сложные катионы или анионы, образующиеся при взаимодействии более простых по составу частиц, например:



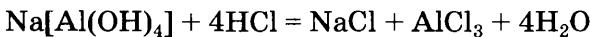
В первой соли существует комплексный анион  $[\text{Al(OH)}_4]^-$ , в котором ион алюминия тетраэдрически окружен четырьмя гидроксид-ионами. В последнем случае в состав соли входит комплексный катион  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , в котором ион меди координирует 4 молекулы аммиака.

Гидроксокомплексы легко образуются при взаимодействии амфотерных гидроксидов с водными растворами щелочей. В зависимости от соотношения количеств взятых реагентов и концентрации раствора щелочи могут образоваться гидроксокомплексы разного состава:



В водном растворе гидроксокомплексы неустойчивы и часто полностью гидролизуются с образованием осадка амфотерного гидроксида. Существование таких солей в растворе возможно только при большом избытке щелочи.

Кислотами гидроксокомплексы полностью разлагаются:



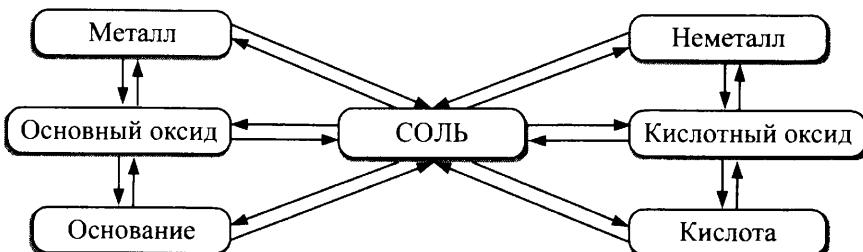
### **Реакции, подтверждающие взаимосвязь различных классов неорганических веществ**

Все химические свойства уже были охарактеризованы в теоретическом материале, посвященном неорганической химии.

Следует запомнить, что между основными классами неорганических соединений (простыми веществами, оксидами, кислотами, основаниями и солями) существует генетическая

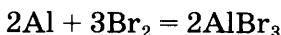
**связь**, под которой подразумевается возможность их взаимного перехода.

Генетическую связь можно представить следующей упрощенной схемой:

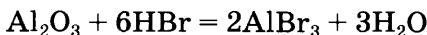


Так, соль бромид алюминия  $\text{AlBr}_3$  можно получить разными способами, среди которых:

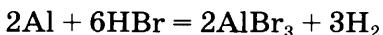
- взаимодействие металла и неметалла:



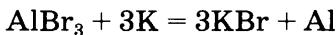
- взаимодействие оксида металла с кислотой:



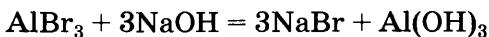
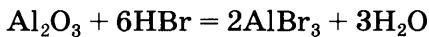
- взаимодействие металла с кислотой:



Обратите внимание, что стрелки на схеме направлены в обе стороны. Это значит, что все превращения можно провести и в обратном направлении. Так, из бромида алюминия можно вновь выделить металлический алюминий:



Следует иметь в виду, что получение многих веществ в химии осуществляется не прямым, а косвенным методом. Так, при получении гидроксида алюминия из оксида нельзя использовать взаимодействие оксида с водой (эти вещества не взаимодействуют), в этом случае необходимо осуществить реакции:



## 2.2. Задания с комментариями и решениями

**Задание 1.** В перечне веществ

- |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| А) $\text{K}_2\text{O}$    | Г) $\text{CO}_2$           |
| Б) $\text{FeO}$            | Д) $\text{Al}_2\text{O}_3$ |
| В) $\text{Cl}_2\text{O}_7$ | Е) $\text{CrO}_3$          |

к кислотным оксидам относятся

- |        |        |
|--------|--------|
| 1) АВВ | 3) БГД |
| 2) ВГЕ | 4) ВДЕ |

К кислотным могут быть отнесены оксиды неметаллов и оксиды *d*-элементов (металлов) в высшей степени окисления. Таким образом, к кислотным относятся оксид хлора (VII), оксид углерода (IV) и оксид хрома (VI).

*Ответ:* 2

**Задание 2.** Кислотным и амфотерным оксидом соответственно являются

- |   |
|---|
| 1) $\text{CO}_2$ и $\text{P}_2\text{O}_5$ |
| 2) $\text{CO}$ и $\text{Al}_2\text{O}_3$  |
| 3) $\text{CrO}_3$ и $\text{ZnO}$          |
| 4) $\text{Cr}_2\text{O}_3$ и $\text{CaO}$ |

При определении группы оксида важно обращать внимание не только на принадлежность элемента, соединенного с кислородом, к металлам или неметаллам, но и на его степень окисления. В первой паре веществ оба оксида образованы неметаллами в высшей степени окисления, следовательно, они кислотные. Во второй паре первый оксид ( $\text{CO}$ ) — несолеобразующий, а второй ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) — амфотерный.

А вот оксиды в третьем варианте ответа соответствуют условию. Первый из них ( $\text{CrO}_3$ ) высший оксид хрома, т.е. *d*-элемента, проявляющий кислотные свойства. А оксид цинка ( $\text{ZnO}$ ) — амфотерный оксид. В четвертом варианте ответа оксид хрома со степенью окисления +3 ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) проявляет амфотерные свойства, а  $\text{CaO}$  — основные.

*Ответ:* 3

**Задание 3.** Установите соответствие между классом (группой) неорганических соединений и химическими формулами веществ, к которому они принадлежат.

КЛАСС (ГРУППА)  
НЕОРГАНИЧЕСКИХ  
СОЕДИНЕНИЙ

ХИМИЧЕСКАЯ  
ФОРМУЛА

- |                 |                                      |
|-----------------|--------------------------------------|
| A) средняя соль | 1) $\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2$ |
| B) кислая соль  | 2) $\text{H}_2\text{S}$              |
| B) кислота      | 3) $\text{MnO}$                      |
| Г) основание    | 4) $\text{NH}_4\text{Cl}$            |
|                 | 5) $\text{NaHCO}_3$                  |
|                 | 6) $\text{Mg}(\text{OH})_2$          |

A	Б	В	Г

Для выполнения задания вспомним определения классов (групп) неорганических веществ с точки зрения теории электролитической диссоциации. Состав средних солей (A) предполагает наличие в их составе только катиона металла (или катиона аммония) и аниона кислотного остатка. Среди формул веществ правого столбца присутствует формула  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (4), отвечающая этим характеристикам. В состав кислых солей (Б) наряду с катионами металлов входят еще и катионы водорода. Такому составу отвечает формула  $\text{NaHCO}_3$  (5). Характерным признаком кислот (В) является наличие катионов водорода и анионов кислотного остатка. Такому составу отвечает формула сероводородной кислоты  $\text{H}_2\text{S}$  (2). Основания (Г) в своем составе содержат только катионы металлов и анионы гидроксогрупп. Формулой вещества такого состава является  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  (6).

*Ответ: 4526*

**Задание 4.** Как водород, так и хлор при обычных условиях взаимодействуют с

- 1) водой
- 2) фторидом натрия
- 3) гидроксидом кальция
- 4) натрием

Из условия задания можно сделать вывод, что вещество, которое реагирует и с водородом, и с хлором, с большой вероятностью должно проявлять восстановительные свойства.

Вода реагирует с хлором, но не реагирует с водородом. Фторид натрия — соль, в которой анион ( $F^-$ ) не может быть вытеснен хлором. Гидроксид кальция не вступает в реакцию с водородом, но может реагировать с хлором. А вот натрий в реакции и с хлором, и с водородом проявляет восстановительные свойства.

*Ответ: 4*

**Задание 5.** В реакцию с железом вступает

- 1)  $\text{CaO}$
- 2)  $\text{CO}_2$
- 3)  $\text{HCl}$  (р-р)
- 4)  $\text{CuSO}_4$  (р-р)
- 5)  $\text{NaOH}$  (р-р)

Железо не реагирует с основными и кислотными оксидами. Не реагирует железо и с раствором гидроксида натрия, для которого характерны ярко выраженные щелочные свойства. А вот с соляной кислотой железо реагирует, так как в ряду напряжений (активности) металлов оно расположено левее водорода.

Возможность протекания реакции с сульфатом меди (II) можно также определить с помощью ряда напряжений металлов, в котором железо расположено левее меди, из чего следует, что железо более активный металл и способен вытеснить ионы меди из раствора соли.

*Ответ: 34*

**Задание 6.** Верны ли следующие суждения об окислительных свойствах азота?

- А. Азот является более слабым окислителем, чем кислород.
- Б. Азот является окислителем в реакции с водородом.
- 1) верно только А
  - 2) верно только Б
  - 3) верны оба суждения
  - 4) оба суждения неверны

Для оценки верности первого суждения необходимо посмотреть положение химических элементов, образующих простые вещества, в Периодической системе. Кислород во втором периоде расположен правее азота, следовательно, азот является более слабым окислителем, чем кислород. Суждение 1 — верное.

При определении верности второго суждения необходимо определить, какой из элементов, азот или водород, является более электроотрицательным. Им является азот, следовательно, он и будет окислителем. Второе суждение тоже верное.

*Ответ:* 3

**Задание 7.** Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами их взаимодействия.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
A) $\text{Fe} + \text{Cl}_2 \rightarrow$	1) $\text{FeSO}_4 + \text{H}_2$
Б) $\text{Fe} + \text{HCl} \rightarrow$	2) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2$
В) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (разбавл.) $\rightarrow$	3) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Г) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (конц.) $\xrightarrow{t} \rightarrow$	4) $\text{FeCl}_2 + \text{H}_2$ 5) $\text{FeCl}_3 + \text{H}_2$ 6) $\text{FeCl}_3$

A	Б	В	Г

В этом задании пригодятся знания о свойствах конкретных окислителей, которые действуют на железо. При действии сильных окислителей, таких как  $\text{Cl}_2$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.), железо окисляется до степени окисления +3. Если же окислитель более слабый (например разбавленные кислоты), то степень окисления железа изменится только до +2. Учитывая это, подберем для реакций первого столбца соответствующие продукты из второго: А — 6, Б — 4, В — 2, Г — 3.

*Ответ:* 6423

**Задание 8.** Верны ли следующие суждения об оксидах меди и их свойствах?

А. Формула высшего оксида меди  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

Б. Высший оксид меди проявляет только окислительные свойства.

1) верно только А

3) верны оба суждения

2) верно только Б

4) оба суждения неверны

Рассматривая возможность образования медью оксидов, следует обратить внимание на ее положение в Периодической системе. Учитывая то, что медь расположена в I группе, можно предположить, что ее максимальная степень окисления равна +1. Однако это правило не работает для элементов IB и VIIIIB групп. Так, например, медь проявляет две степени окисления +1 и +2, и наиболее устойчивой при этом является степень окисления +2. Именно она и является высшей. Поэтому формула  $\text{Cu}_2\text{O}$  не соответствует высшему оксиду меди.

А вот второе утверждение является верным:  $\text{CuO}$  может быть только окислителем, восстанавливаясь до металлической меди.

*Ответ: 2*

**Задание 9.** Установите соответствие между названиями оксидов и перечнем веществ, с которыми они могут взаимодействовать.

**НАЗВАНИЕ ОКСИДА**

**ВЕЩЕСТВА**

А) оксид углерода (IV)

1)  $\text{C}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{Cu}$

Б) оксид меди (II)

2)  $\text{Al}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$

В) оксид кальция

3)  $\text{Mg}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$

Г) оксид углерода (II)

4)  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_2$

5)  $\text{FeO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$

6)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$

A	B	V	G

Как видно из названий веществ, все они принадлежат одному классу — классу оксидов, но только относятся к различным группам. Так, например, оксид углерода (IV) (А) — ки-

слотный оксид, со слабо выраженными окислительными свойствами. Поэтому для него возможны реакции с каждым из веществ группы 3, представленной основанием ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), водой и сильным восстановителем — магнием. Оксид меди (II) (Б) — основный оксид, с окислительными свойствами. Поэтому для него характерны взаимодействия с веществами, проявляющими кислотные и восстановительные свойства:  $\text{HNO}_3$ , С и Cu (ряд 1). Для основного оксида — оксида кальция (В) возможны реакции с каждым веществом ряда 6, образованного водой, кислотным оксидом ( $\text{SiO}_2$ ) и кислотой ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Оксид углерода (II) (Г) — несолеобразующий оксид, с сильными восстановительными свойствами. Для него характерны реакции с окислителями кислородом и хлором, а также гидроксидом натрия (ряд 4).

*Ответ: 3164*

**Задание 10.** Раствор гидроксида натрия реагирует с

- 1)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$
- 2)  $\text{Be}(\text{OH})_2$
- 3)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$
- 4)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Гидроксид натрия — растворимое основание — щелочь. Следовательно, реагировать с веществами, принадлежащими к классу оснований, оно не будет. А вот с амфотерными гидроксидами — реагирует. К таковым из предложенных соединений относится гидроксид бериллия.

*Ответ: 2*

**Задание 11.** Гидроксид хрома (III) взаимодействует с каждым из двух веществ:

- 1)  $\text{CO}_2$  и  $\text{HCl}$
- 2)  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Cu}(\text{OH})_2$
- 3)  $\text{NO}$  и  $\text{NaNO}_3$
- 4)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{NaOH}$

Гидроксид хрома (III) — не растворимый в воде амфотерный гидроксид, который может реагировать с кислотами и щелочами. Анализ предложенных вариантов ответа показывает, что первая пара веществ представлена кислотным оксидом ( $\text{CO}_2$ ) и кислотой ( $\text{HCl}$ ), вторая — кислотным оксидом

( $\text{SiO}_2$ ) и нерастворимым основанием ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ), в третьей паре веществ — несолеобразующий оксид (NO) и соль ( $\text{NaNO}_3$ ), а вот в четвертой — сильная кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) и щелочь ( $\text{NaOH}$ ). Таким образом, правильный ответ — 4.

*Ответ: 4*

**Задание 12.** Реакции концентрированной азотной кислоты с медью соответствует схема превращения

- 1)  $\text{Cu} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 2)  $\text{Cu} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2$
- 3)  $\text{Cu} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{CuO} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
- 4)  $\text{Cu} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{CuO} + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Первое, что необходимо учесть при выполнении задания, что медь — металл, расположенный в ряду активности правее водорода. Второе, надо вспомнить, что азотная кислота, являясь сильным окислителем, обладает особыми свойствами, и в первую очередь это проявляется при взаимодействии с металлами. В результате такого взаимодействия водород не выделяется. Таким образом, ответ 2 — неверный. Обязательными продуктами, которые образуются при взаимодействии азотной кислоты с металлами, являются соли азотной кислоты — нитраты и вода. Исключаем ответы 3 и 4. Состав еще одного продукта реакции зависит от концентрации азотной кислоты и активности металла. Если азотная кислота концентрированная, то преимущественно образуется оксид азота (IV).

*Ответ: 1*

**Задание 13.** Соляная кислота реагирует с каждым из двух веществ

- |  |   |
|--|---|
| 1) Ag и NO                                   | 3) $\text{Zn}(\text{OH})_2$ и $\text{FeO}$  |
| 2) $\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{BaSO}_4$ | 4) $\text{Na}_2\text{SO}_4$ и $\text{SO}_2$ |

Выполнение данного задания можно осуществить «по вертикали», т.е. сначала проанализировав первые вещества, а затем — вторые. Серебро и сульфат натрия в реакцию с соляной кислотой не вступают. Серебро — т.к. в ряду активности металлов расположено левее водорода, а сульфат натрия при взаимодействии с соляной кислотой не образует малодиссоциирующих веществ. К этому можно добавить, что и вторые вещества (NO и  $\text{SO}_2$  — несолеобразующий и кислотный окси-

ды) в реакцию с HCl не вступают. Варианты ответа 1 и 4 исключаем. В реакцию с амфотерными оксидом ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) и гидроксидом ( $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ) соляная кислота вступает. А вот с нерастворимым  $\text{BaSO}_4$  реакция не идет, в то время как с основным оксидом  $\text{FeO}$  реакция возможна.

*Ответ: 3*

**Задание 14.** Соль железа(II) можно получить реакциями

- 1)  $\text{Fe} + \text{Br}_2 \rightarrow$
- 2)  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (p-p)} \rightarrow$
- 3)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{HNO}_3 \text{ (p-p)} \rightarrow$
- 4)  $\text{FeBr}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow$
- 5)  $\text{FeCl}_2 + \text{AgNO}_3 \rightarrow$

При взаимодействии с разбавленными кислотами железо превращается в соль двухвалентного железа, а при непосредственном взаимодействии с сильными окислителями, например с галогенами, образуются соли железа с зарядом 3+. В двух других взаимодействиях в реакцию уже вступают соединения железа со степенью окисления +3 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{FeBr}_3$ ). Взаимодействие 3 не относится к окислительно-восстановительным реакциям, а во взаимодействии 4 степени окисления меняют атомы галогенов.

Двухвалентная соль железа образуется и в ходе реакции ионного обмена между хлоридом железа(II) и нитратом серебра. Реакция протекает необратимо за счет образования нерастворимой соли хлорида серебра.

*Ответ: 25*

**Задание 15.** В реакцию с раствором хлорида цинка вступает

- 1) Cu
- 2) Mg
- 3)  $\text{SiO}_2$
- 4) NaOH
- 5)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

В растворе хлорида цинка находятся хлорид-ионы и ионы цинка. Вытеснить из водного раствора ионы цинка медь не может, т.к. в ряду напряжений стоит правее цинка. А вот магний может, т.к. расположен левее цинка, следовательно активнее него.

Оксид кремния — кислотный оксид, не растворимый в воде, вытеснить хлорид-ион из раствора не может. Гидроксид натрия в ходе реакции ионного обмена образует нерастворимое соединение  $Zn(OH)_2$ . А вот нитрат бария при взаимодействии с хлоридом цинка малодиссоциирующее вещество не образует. Следовательно, реакция до конца не идет.

*Ответ: 23*

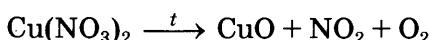
**Задание 16.** Продуктами разложения нитрата меди являются:

- |          |           |
|----------|-----------|
| 1) Cu    | 4) $N_2O$ |
| 2) $CuO$ | 5) $NO_2$ |
| 3) $O_2$ | 6) NO     |

Ответ: \_\_\_\_\_.

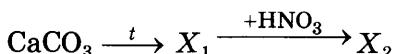
(Запишите цифры в порядке возрастания.)

При ответе на этот вопрос вспомним, что все нитраты металлов можно условно разделить на 3 группы по отношению к нагреванию. Нитраты самых активных металлов (щелочных) разлагаются с образованием нитрита и выделением кислорода. Нитраты наименее активных металлов (от Hg до Au) разлагаются до металла, оксида азота (IV) и кислорода. Все остальные нитраты металлов (от Ca до Cu) разлагаются до оксида металла, оксида азота (IV) и кислорода. Следовательно, нитрат меди (металла малоактивного) разлагается по схеме:



*Ответ: 235*

**Задание 17.** В схеме превращений



веществами  $X_1$  и  $X_2$  являются

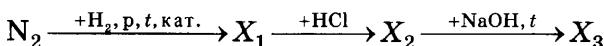
- |                 |            |
|-----------------|------------|
| 1) $Ca(NO_3)_2$ | 4) Ca      |
| 2) $Ca(OH)_2$   | 5) $CaH_2$ |
| 3) CaO          |            |

Происходят два последовательных превращения, в которых участвуют соединения кальция. При нагревании карбонат кальция разлагается и образуется оксид кальция ( $X_1$  — ответ 3) и углекислый газ. В следующей реакции с азотной кислотой участвует оксид кальция — как представитель клас-

са основных оксидов. При этом образуется соль — нитрат кальция ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) и вода. Сопоставляя полученную формулу с вариантами, предложенными в задании, получаем ответ 31.

*Ответ: 31*

**Задание 18.** В схеме превращений веществ



конечными продуктами  $X_2$  и  $X_3$  являются

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| 1) азот           | 4) оксид азота(II) |
| 2) аммиак         | 5) хлорид аммония  |
| 3) гидрат аммиака |                    |

Проследим за превращениями, происходящими в предложенной последовательности реакций. На первом этапе при взаимодействии азота и водорода образуется аммиак ( $\text{NH}_3$ ). В результате взаимодействия аммиака и хлороводорода образуется продукт  $X_2$  —  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (хлорид аммония — 5). А при сплавлении хлорида аммония со щелочью образуется  $\text{NH}_3$  (аммиак — 2) и  $\text{NaCl}$  (хлорид натрия).

*Ответ: 52*

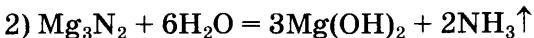
**Задание 19.** Порошок магния нагрели в атмосфере азота. При взаимодействии полученного вещества с водой выделился газ. Газ пропустили через водный раствор сульфата хрома (III), в результате чего образовался серый осадок. Осадок отделили и обработали при нагревании раствором, содержащим пероксид водорода и гидроксид калия.

Напишите уравнения четырех описанных реакций.

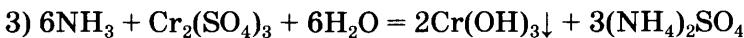
При реакции магния и азота может образоваться только бинарное вещество, в котором у магния ст.ок. +2, а у азота как более электроотрицательного элемента -3.



При взаимодействии нитрида магния с водой образуются два продукта. К положительно заряженной частице идет отрицательно заряженная частица — группа  $\text{OH}^-$  с образованием гидроксида магния, а к отрицательно заряженной частице ( $\text{N}^{-3}$ ) присоединяется катион водорода, и образуется аммиак. Подтверждением этого является наличие в условии задания фразы «выделился газ».



А в следующей реакции при определении продукта реакции можно исходить из данного в условии комментария к признаку протекания реакции: при добавлении «раствора сульфата хрома (III) образовался «серый осадок». Единственным веществом, которое может соответствовать этим признакам, является гидроксид хрома (III). Таким образом, мы можем сделать вывод, что аммиак, прореагировав с водой, образовал раствор гидроксида аммония, из которого ион аммония пойдет на взаимодействие с сульфат-ионом, образуя соль:



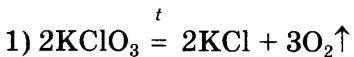
На завершающем этапе цепочки превращений образовавшийся осадок обработали пероксидом водорода, который, проявляя окислительные свойства, повышает степень окисления хрома с +3 до +6. Предположим, что продуктом реакции может быть хромат или дихромат калия. Но так как в условии есть указание на участие в реакции гидроксида калия, т.е. щелочной среды, продуктом реакции будет хромат калия.



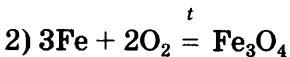
**Задание 20.** Хлорат калия нагрели в присутствии катализатора, при этом выделился бесцветный газ. Сжиганием железа в атмосфере этого газа была получена железная окалина. Ее растворили в избытке соляной кислоты. К полученному при этом раствору добавили раствор, содержащий дихромат натрия и соляную кислоту.

Напишите уравнения четырех описанных реакций.

Процесс нагревания хлората калия является одним из известных способов получения кислорода. При этом если кислород повышает степень окисления, то хлор — понижает: с +5 до наиболее устойчивой −1.



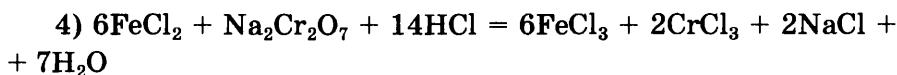
При сжигании кислорода в атмосфере чистого кислорода образуется железная окалина —  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  — смешанный оксид железа в степени окисления +2 ( $\text{FeO}$ ) и +3 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Составляем уравнение реакции:



Именно такой состав железной окалины и определяет продукты, образующиеся при ее взаимодействии с соляной кислотой: будут образовываться два хлорида — хлорид железа (II) и хлорид железа (III):



Воздействие на полученную смесь сильного окислителя — дихромата калия в кислой среде — приводит к повышению степени окисления железа с +2 до устойчивой +3 и понижению степени окисления хрома с +6 до +3. А указание на наличие в растворе соляной кислоты подсказывает нам, что будут образовываться хлориды металлов, участвующих в реакции:



## 2.3. Задания для самостоятельной работы

1. К основным оксидам относятся

- |                     |                                   |
|---------------------|-----------------------------------|
| 1) ZnO              | 4) FeO                            |
| 2) SiO <sub>2</sub> | 5) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 3) BaO              |                                   |

Ответ:

2. Среди перечисленных веществ кислыми солями являются

- |   |  |
|---|--|
| 1) MgH <sub>2</sub>                     |  |
| 2) NaHCO <sub>3</sub>                   |  |
| 3) Ca(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> |  |
| 4) (CuOH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>  |  |
| 5) KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>      |  |

Ответ:

3. Высшие оксиды, образованные химическими элементами с порядковым номером 16 и 30, относятся к оксидам

- |                     |  |
|---------------------|--|
| 1) основным         |  |
| 2) кислотным        |  |
| 3) амфотерным       |  |
| 4) несолеобразующим |  |
| 5) смешанным        |  |

Ответ:

4. К основным солям относится каждое из двух веществ:

- |   |  |
|---|--|
| 1) KHSO <sub>3</sub> и Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> |  |
| 2) CuCl <sub>2</sub> и (AlOH)Cl <sub>2</sub>                          |  |
| 3) Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> и (FeOH)Cl                      |  |
| 4) (FeOH)NO <sub>3</sub> и (MgOH)Cl                                   |  |

Ответ:

5. Какие из металлов могут образовывать кислотные оксиды?

- |             |           |
|-------------|-----------|
| 1) стронций | 4) магний |
| 2) марганец | 5) хром   |
| 3) кальций  |           |

Ответ:

6. Оксиды металлов со степенью окисления + 6 и выше являются

- 1) несолеобразующими
- 2) основными
- 3) амфотерными
- 4) кислотными

Ответ:

7. В перечне веществ:

- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1) $\text{CH}_4$            | 4) $\text{NH}_3$            |
| 2) $\text{H}_2\text{S}$     | 5) $\text{H}_5\text{IO}_6$  |
| 3) $\text{CH}_3\text{COOH}$ | 6) $\text{K}_2\text{HPO}_4$ |

к классу кислот относятся

Ответ:

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

ФОРМУЛА СОЛИ

- A)  $\text{ZnSO}_4$   
Б)  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$   
В)  $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$   
Г)  $\text{NaHSO}_4$

ГРУППА СОЛЕЙ

- 1) кислые  
2) средние  
3) основные  
4) двойные  
5) комплексные

A	Б	В	Г

9. В перечне веществ:

- 1)  $\text{BaO}$
- 2)  $\text{Na}_2\text{O}$
- 3)  $\text{P}_2\text{O}_5$
- 4)  $\text{CaO}$
- 5)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- 6)  $\text{CrO}_3$

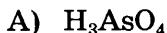
к основным оксидам относятся

Ответ:

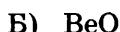
**10. Установите соответствие между формулой вещества и его принадлежностью к определенному классу (группе) неорганических соединений.**

**ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА**

**КЛАСС (ГРУППА)  
НЕОРГАНИЧЕСКИХ  
СОЕДИНЕНИЙ**



1) кислота



2) основание



3) основный оксид



4) амфотерный оксид

5) кислотный оксид

6) соль

A	Б	В	Г

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

**ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА**

**КЛАСС (ГРУППА)  
НЕОРГАНИЧЕСКИХ  
СОЕДИНЕНИЙ**



1) амфотерный оксид



2) основный оксид



3) соль



4) щелочь

5) амфотерный гидроксид

A	Б	В	Г

**12. У магния металлические свойства выражены**

- 1) слабее, чем у бериллия
- 2) слабее, чем у калия
- 3) сильнее, чем у кальция
- 4) сильнее, чем у алюминия
- 5) сильнее, чем у натрия

*Ответ:*

**13. Медь взаимодействует с разбавленными растворами**

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1) серной кислоты  | 4) фосфата натрия  |
| 2) аммиака         | 5) нитрата серебра |
| 3) азотной кислоты |                    |

*Ответ:*

--	--

**14. Верны ли следующие суждения о хроме и железе?**

- A. И хром, и железо образуют устойчивые оксиды в степени окисления +3.
- B. Оксид хрома (III) является амфотерным.
- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| 1) верно только А     | 2) верно только Б       |
| 3) верны оба суждения | 4) оба суждения неверны |

**15. Верны ли следующие суждения о металлах и их соединениях?**

- A. Все металлы реагируют с кислотами с выделением водорода.
- B. Все оксиды металлов — основные.
- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| 1) верно только А     | 2) верно только Б       |
| 3) верны оба суждения | 4) оба суждения неверны |

**16. Как магний, так и цинк реагируют с**

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| 1) хлором             | 2) оксидом углерода(IV) |
| 3) гидроксидом натрия | 4) сульфатом меди(II)   |
| 5) азотной кислотой   |                         |

*Ответ:*

--	--

**17. При взаимодействии хрома с соляной кислотой образуются**

- |   |   |
|---|---|
| 1) $\text{CrCl}_2$ и $\text{H}_2$         | 2) $\text{CrCl}_3$ и $\text{H}_2\text{O}$ |
| 3) $\text{CrCl}_2$ и $\text{H}_2\text{O}$ | 4) $\text{CrCl}_3$ и $\text{H}_2$         |

*Ответ:*

--	--

**18. Какие из металлов вытесняют железо из раствора сульфата железа(II)?**

- |       |       |
|-------|-------|
| 1) Cu | 4) Mg |
| 2) Zn | 5) Hg |
| 3) Sn |       |

*Ответ:*

**19. При сплавлении алюминия с гидроксидом натрия образуются**

- |  |
|--|
| 1) $\text{NaAlO}_2$                    |
| 2) $\text{Al}(\text{OH})_3$            |
| 3) $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ |
| 4) $\text{H}_2$                        |
| 5) $\text{Al}_2\text{O}_3$             |

*Ответ:*

**20. С водой без нагревания реагируют**

- |       |
|-------|
| 1) Al |
| 2) Zn |
| 3) Ca |
| 4) K  |
| 5) Fe |

*Ответ:*

**21. Химическая реакция возможна между**

- |                                    |
|------------------------------------|
| 1) Cu и $\text{HCl}$ (разб.)       |
| 2) Fe и $\text{Na}_3\text{PO}_4$   |
| 3) Mg и $\text{H}_2\text{O}$       |
| 4) Zn и $\text{FeCl}_2$            |
| 5) Ag и $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ |

*Ответ:*

**22. Химическая реакция происходит между веществами:**

- |  |
|--|
| 1) серебром и сульфатом калия (р-р)    |
| 2) цинком и хлоридом калия (р-р)       |
| 3) магнием и хлоридом олова(II) (р-р)  |
| 4) серебром и сульфатом меди(II) (р-р) |
| 5) железом и нитратом кальция (р-р)    |

*Ответ:*

**23. С водой без нагревания не реагируют**

- 1) цинк
- 2) медь
- 3) железо
- 4) литий
- 5) серебро

*Ответ:*

**24. Хлор не взаимодействует с**

- 1) KBr
- 2) KF
- 3) H<sub>2</sub>O
- 4) KI
- 5) O<sub>2</sub>

*Ответ:*

**25. Углерод выступает в качестве восстановителя в реакции с**

- 1) H<sub>2</sub>
- 2) CO<sub>2</sub>
- 3) Al
- 4) CuO
- 5) Ca

*Ответ:*

**26. Продуктом реакции азота и кислорода при высокой температуре является**

- 1) N<sub>2</sub>O
- 2) NO
- 3) NO<sub>2</sub>
- 4) N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

*Ответ:*

**27. Как водород, так и хлор взаимодействуют с**

- 1) водой
- 2) серой
- 3) аммиаком
- 4) гидроксидом кальция
- 5) металлическим кальцием

*Ответ:*

**28.** В водном растворе протекает реакция между

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| 1) Cu и ZnCl <sub>2</sub> | 3) Fe и Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> |
| 2) Zn и CuSO <sub>4</sub> | 4) Ag и FeSO <sub>4</sub>                 |

*Ответ:*

--	--

**29.** Верны ли следующие суждения о свойствах углерода?

- А. В результате взаимодействия углерода с оксидом меби(II) образуется медь.
- Б. При полном сгорании углерода образуется оксид углерода(IV).
- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

*Ответ:*

--	--

**30.** С растворами щелочей не реагируют

- 1) оксид железа (II)
- 2) оксид фосфора (V)
- 3) оксид азота (II)
- 4) оксид фосфора (III)
- 5) оксид азота (III)

*Ответ:*

--	--

**31.** Гидроксид натрия взаимодействует с каждым из двух веществ:

- 1) MgO и HCl
- 2) NH<sub>3</sub> и SO<sub>3</sub>
- 3) H<sub>2</sub>S и KNO<sub>3</sub>
- 4) HNO<sub>3</sub> и Al
- 5) ZnO и NaHCO<sub>3</sub>

*Ответ:*

--	--

**32.** Нитрат алюминия в растворе взаимодействует с

- 1) KCl                          4) Ca(OH)<sub>2</sub>
- 2) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>                      5) Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>
- 3) MgCl<sub>2</sub>

*Ответ:*

--	--

**33. Как с гидроксидом натрия, так и с фосфорной кислотой взаимодействуют**

- |        |                                      |
|--------|--------------------------------------|
| 1) Cu  | 4) Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> |
| 2) CrO | 5) Ba(OH) <sub>2</sub>               |
| 3) BeO |                                      |

*Ответ:*

**34. Гидроксид кальция вступает в реакцию с**

- |                                    |
|------------------------------------|
| 1) MgO                             |
| 2) Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> |
| 3) NO                              |
| 4) H <sub>2</sub> S                |
| 5) BaCl <sub>2</sub>               |

*Ответ:*

**35. Раствор карбоната калия реагирует с каждым из двух веществ:**

- |   |
|---|
| 1) SiO <sub>2</sub> и Mg(OH) <sub>2</sub> |
| 2) CO <sub>2</sub> и HNO <sub>3</sub>     |
| 3) NaNO <sub>3</sub> и KHSO <sub>3</sub>  |
| 4) HCl и K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>   |

*Ответ:*

**36. Оксид серы (VI) взаимодействует с каждым из двух веществ:**

- |                                     |
|-------------------------------------|
| 1) вода и соляная кислота           |
| 2) кислород и оксид магния          |
| 3) оксид кальция и гидроксид натрия |
| 4) вода и медь                      |

*Ответ:*

**37. Оксид алюминия взаимодействует с каждым из двух веществ:**

- |                              |
|------------------------------|
| 1) NO и CO <sub>2</sub>      |
| 2) Cu(OH) <sub>2</sub> и CuO |
| 3) Na <sub>2</sub> O и NaOH  |
| 4) KCl и HCl                 |

*Ответ:*

**38. Оксид углерода(IV) реагирует с каждым из двух веществ:**

- 1) водой и оксидом кальция
- 2) кислородом и оксидом серы(IV)
- 3) сульфатом калия и гидроксидом натрия
- 4) фосфорной кислотой и водородом

*Ответ:*

**39. При взаимодействии каких веществ водород не выделяется?**

- 1) Zn и  $H_2SO_4$  (разб.)
- 2) Al и NaOH (конц.)
- 3) Cu и  $HNO_3$  (конц.)
- 4) Zn и NaOH (конц.)

*Ответ:*

**40. Оксид серы(IV) реагирует с:**

- 1) медью
- 2) водой
- 3) оксидом кремния
- 4) хлороводородом
- 5) гидроксидом кальция

*Ответ:*

**41. Оксид углерода(IV) взаимодействует с каждым из двух веществ:**

- 1)  $Na_2SO_4$  и  $KNO_3$
- 2)  $H_2SO_4$  и  $HNO_3$
- 3)  $SiO_2$  и  $N_2O_5$
- 4) NaOH и MgO

*Ответ:*

**42. Гидроксид железа (III) взаимодействует с каждым из двух веществ:**

- 1) KOH и  $H_2SO_4$
- 2)  $Cu(OH)_2$  и HCl
- 3)  $HNO_3$  и  $Na_2SO_4$
- 4) HCl и  $BaCl_2$

*Ответ:*

**43. Раствор нитрата магния взаимодействует с:**

- |                      |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
| 1) HCl               | 4) Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> |
| 2) CuSO <sub>4</sub> | 5) KOH                             |
| 3) Fe                |                                    |

*Ответ:*

--	--

**44. Основные свойства гидроксид железа(III) проявляют в реакции:**

- |  |
|--|
| 1) $2\text{Fe}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t} \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$     |
| 2) $\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NaCl}$         |
| 3) $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{KOH} \xrightarrow{t} \text{K}_3[\text{Fe}(\text{OH})_6]$ |
| 4) $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} = \text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$              |

*Ответ:*

--

**45. Металл образуется при прокаливании на воздухе**

- |                     |
|---------------------|
| 1) нитрата меди(II) |
| 2) нитрата серебра  |
| 3) нитрата натрия   |
| 4) нитрата цинка    |

*Ответ:*

--

**46. Гидроксид алюминия при обычных условиях взаимодействует с:**

- |  |
|--|
| 1) KNO <sub>3</sub>                                |
| 2) Ba(OH) <sub>2</sub>                             |
| 3) NaCl  |
| 4) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                  |
| 5) Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> |

*Ответ:*

--	--

**47. Хлорид железа(II) можно получить в результате реакций**

- |  |
|--|
| 1) Fe + Cl <sub>2</sub> →                  |
| 2) Fe + HCl →                              |
| 3) Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + NaCl → |
| 4) FeO + Cl <sub>2</sub> →                 |
| 5) FeSO <sub>4</sub> + BaCl <sub>2</sub> → |

*Ответ:*

--	--

**48.** Разбавленная серная кислота может реагировать с каждым из двух веществ:

- 1) серой и магнием
- 2) оксидом железа(II) и оксидом кремния(IV)
- 3) гидроксидом калия и хлоридом калия
- 4) нитратом бария и гидроксидом меди(II)

*Ответ:*

**49.** Водные растворы серной и азотной кислот можно различить с помощью

- |                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| 1) Cu              | 4) BaCl <sub>2</sub>   |
| 2) CuO             | 5) Fe(OH) <sub>3</sub> |
| 3) CO <sub>2</sub> |                        |

*Ответ:*

**50.** С разбавленной серной кислотой взаимодействуют

- 1) Cu
- 2) ZnO
- 3) SiO<sub>2</sub>
- 4) Mg(OH)<sub>2</sub>
- 5) NaNO<sub>3</sub>

*Ответ:*

**51.** Гидроксид железа(III) образуется при действии растворов щелочей на

- 1) оксид железа(II)
- 2) оксид железа(III)
- 3) растворы солей железа(II)
- 4) растворы солей железа(III)

*Ответ:*

**52.** При термическом разложении гидроксида меди(II) образуются

- 1) CuO
- 2) Cu
- 3) Cu<sub>2</sub>O
- 4) H<sub>2</sub>O
- 5) H<sub>2</sub>

*Ответ:*

**53.** При прокаливании  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  образуются

- 1) оксид хрома(II)
- 2) оксид хрома(III)
- 3) хром
- 4) вода
- 5) водород

*Ответ:*

--	--

**54.** Как гидроксид натрия, так и бромоводородная кислота могут взаимодействовать с

- 1)  $\text{CuO}$
- 2)  $\text{Cl}_2$
- 3)  $\text{CO}_2$
- 4)  $\text{Al}(\text{OH})_3$
- 5)  $\text{H}_2\text{SO}_4$

*Ответ:*

--	--

**55.** Гидроксид цинка реагирует с:

- 1) сульфатом кальция
- 2) гидроксидом калия (р-р)
- 3) хлоридом натрия (р-р)
- 4) сульфатом бария
- 5) азотной кислотой

*Ответ:*

--	--

**56.** Гидроксид натрия не реагирует с

- 1)  $\text{Al}(\text{OH})_3$
- 2)  $\text{ZnO}$
- 3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- 4)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$
- 5)  $\text{CuS}$

*Ответ:*

--	--

**57.** Хлорид железа(II) реагирует с каждым из двух веществ:

- 1)  $\text{MgO}$  и  $\text{HCl}$
- 2)  $\text{Zn}$  и  $\text{AgNO}_3$
- 3)  $\text{HNO}_3$  и  $\text{CO}_2$
- 4)  $\text{CaO}$  и  $\text{CO}_2$

*Ответ:*

--

**58.** Нитрат кальция можно получить при взаимодействии

- 1) оксида кальция и нитрата бария
- 2) карбоната кальция и нитрата калия
- 3) гидроксида кальция и азотной кислоты
- 4) нитрита кальция и кислорода
- 5) фосфата кальция и нитрата натрия

*Ответ:*

--	--

**59.** С каждым из перечисленных веществ:  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Zn}$  взаимодействуют

- 1)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
- 2)  $\text{ZnSO}_4$
- 3)  $\text{Br}_2$
- 4)  $\text{HCl}$
- 5)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

*Ответ:*

--	--

**60.** Раствор карбоната калия реагирует с

- 1) нитратом кальция
- 2) оксидом магния
- 3) оксидом фосфора(V)
- 4) хлоридом натрия
- 5) гидроксидом меди(II)

*Ответ:*

--	--

**61.** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых это вещество может взаимодействовать.

**ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА**

- А)  $\text{Fe}$   
Б)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$   
В)  $\text{H}_3\text{PO}_4$   
Г)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

**РЕАГЕНТЫ**

- 1)  $\text{HBr}$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{HNO}_3$   
2)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Li}_3\text{PO}_4$   
3)  $\text{Ca}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$   
4)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Al}$   
5)  $\text{S}$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{HCl}$

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**62.** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых это вещество может взаимодействовать.

**ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА**

- А)  $O_2$   
Б)  $CO_2$   
В)  $Ca(OH)_2$   
Г)  $NH_4I$

**РЕАГЕНТЫ**

- 1)  $Cl_2$ ,  $Ca(OH)_2$ ,  $AgNO_3$   
2)  $Li_2O$ ,  $CaO$ , С  
3)  $Fe_2O_3$ ,  $HNO_3$ ,  $ZnS$   
4)  $CO$ ,  $H_2S$ ,  $Mg$   
5)  $Al(OH)_3$ ,  $SO_3$ ,  $ZnSO_4$

Ответ:	А	Б	В	Г

**63.** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых это вещество может взаимодействовать.

**ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА**

- А) Р  
Б)  $SO_2$   
В)  $Zn(OH)_3$   
Г)  $CuBr_2$

**РЕАГЕНТЫ**

- 1)  $K_2SO_4$ ,  $CO_2$ ,  $(NH_4)_3PO_4$   
2)  $(NH_4)_2S$ , Fe,  $AgNO_3$   
3)  $CaO$ ,  $NaOH$ ,  $H_2O$   
4) HI,  $Ba(OH)_2$ ,  $HCl$   
5) Na,  $HNO_3$ ,  $Br_2$

Ответ:	А	Б	В	Г

**64.** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых это вещество может взаимодействовать.

**ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА**

- А) Na  
Б)  $SiO_2$   
В)  $H_2SO_4$   
Г)  $CuSO_4$

**РЕАГЕНТЫ**

- 1)  $MgCO_3$ , Zn,  $N_2$   
2)  $H_3PO_4$ ,  $Cl_2$ ,  $H_2O$   
3)  $LiOH$ ,  $Ba(NO_3)_2$ ,  $(NH_4)_2S$   
4) HF,  $Na_2CO_3$ , KOH  
5)  $CO_2$ ,  $Li_3PO_4$ ,  $BaO$

Ответ:	А	Б	В	Г

**65.** Установите соответствие между простым веществом и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать.

**ФОРМУЛА  
ВЕЩЕСТВА**

A) Al

B) O<sub>2</sub>

B) S

Г) Na

**РЕАГЕНТЫ**

1) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HNO<sub>3</sub>(р-р), NaOH(р-р)

2) Fe, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>

3) HI, Fe, P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

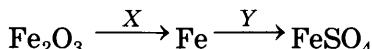
4) C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, Cl<sub>2</sub>

5) CaCl<sub>2</sub>, KOH, HCl

Ответ:

A	Б	В	Г

**66.** В схеме превращений

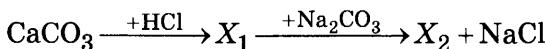


веществами X и Y являются:

- 1) H<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(конц.)      3) Cu и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(разб.)  
2) С и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(р-р)      4) Al и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(разб.)

Ответ:

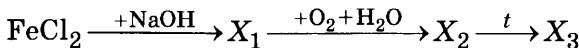
**67.** В схеме превращений



веществом X<sub>2</sub> является

- 1) CaCO<sub>3</sub>      3) CaO  
2) CaCl<sub>2</sub>      4) Ca(OH)<sub>2</sub>

**68.** В схеме превращений



веществами X<sub>2</sub> и X<sub>3</sub> являются

- 1) FeO      4) FeCl<sub>3</sub>  
2) Fe(OH)<sub>3</sub>      5) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
3) FeCl<sub>2</sub>

Ответ:

## 69. В схеме превращений

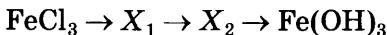


веществами  $X_1$  и  $X_2$  соответственно являются

- 1)  $\text{Zn(OH)}_2$  и  $\text{ZnCl}_2$
- 2)  $\text{Zn(OH)}_2$  и  $\text{ZnSO}_4$
- 3)  $\text{ZnCl}_2$  и  $\text{Zn(NO}_3)_2$
- 4)  $\text{ZnCl}_2$  и  $\text{ZnO}$

Ответ:

## 70. В схеме превращений

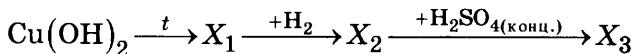


веществами  $X_1$  и  $X_2$  могут быть соответственно

- 1)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- 2)  $\text{FePO}_4$  и  $\text{Fe}_3\text{O}_4$
- 3)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- 4)  $\text{Fe(OH)}_3$  и  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

Ответ:

## 71. В схеме превращений



веществами  $X_2$  и  $X_3$  являются

- 1) Cu
- 2) CuO
- 3)  $\text{Cu(OH)}_2$
- 4)  $\text{CuSO}_4$
- 5) CuS

Ответ:

72. Металлическую медь растворили в разбавленной азотной кислоте. Образовавшуюся соль обработали раствором соды, при этом наблюдали выпадение осадка и выделение газа. Осадок растворили в избытке иодоводородной кислоты. Образовавшееся простое вещество растворили в горячем растворе щелочи. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.

- 73.** Оксид азота (IV) пропустили через раствор гидроксида калия. Одну из образовавшихся солей обработали перманганатом калия в сернокислой среде, другую нагрели с металлическим свинцом. Образовавшуюся в последней реакции соль обработали иодидом калия в кислой среде. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.
- 74.** Красный фосфор провзаимодействовал с избытком брома. Продукт реакции обработали избытком едкого натра. Каждую из образовавшихся при этом солей обработали избытком концентрированной серной кислоты. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.
- 75.** Цинк растворили в разбавленной азотной кислоте. Выделившийся при этом газ окислили кислородом, а продукт реакции пропустили через раствор перманганата калия в сернокислой среде. Образовавшийся раствор обработали сульфидом аммония, при этом выпал осадок телесного цвета. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.
- 76.** Алюминий растворили в растворе гидроксида натрия. Через полученный раствор пропустили избыток сероводорода и наблюдали образование осадка. Выпавший осадок растворили в бромоводородной кислоте, а полученный раствор обработали содой. Наблюдали образование осадка и выделение газа. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.
- 77.** Серу нагрели с горячим концентрированным раствором гидроксида калия. Одну из образовавшихся солей обработали нитратом свинца, при этом выпал черный осадок, побелевший при последующем действии пероксида водорода. Другую соль обработали водным раствором перманганата калия. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.
- 78.** Диоксид серы растворили в растворе гидроксида калия. Полученный раствор обработали дихроматом калия в кислой среде. При действии на полученный раствор гидро-

ксида калия выпал серо-зеленый осадок, который растворили в смеси пероксида водорода и щелочи. При этом наблюдали образование раствора желтого цвета. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.

79. Железо обработали концентрированной азотной кислотой при нагревании. Полученную соль обработали гидроксидом калия и бромом, при этом наблюдали образование раствора красно-вишневого цвета. Образовавшееся вещество обработали соляной кислотой, при этом наблюдали выделение желто-зеленого газа. В полученный раствор пропустили сероводород. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.
80. Серебро растворили в концентрированной азотной кислоте. Полученную соль прокалили, а выделившийся бурый газ пропустили через подкисленный раствор дихромата калия. Образовавшуюся хромовую соль обработали раствором карбоната калия. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.

### **3. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

<b>№</b>	<b>Проверяемые элементы содержания</b>
1.	Теория строения органических соединений: гомология и изомерия (структурная и пространственная). Взаимное влияние атомов в молекулах. Типы связей в молекулах органических веществ. Гибридизация атомных орбиталей углерода. Радикал. Функциональная группа
2.	Характерные химические свойства углеводородов: алканов, циклоалканов, алкенов, диенов, алкинов, ароматических углеводородов (бензола и толуола). Ионный (правило В.В. Марковникова) и радикальный механизмы реакций в органической химии
3.	Характерные химические свойства предельных одноатомных и многоатомных спиртов, фенола
4.	Характерные химические свойства альдегидов, предельных карбоновых кислот, сложных эфиров
5.	Основные способы получения углеводородов (в лаборатории). Основные способы получения кислородсодержащих соединений (в лаборатории)
6.	Взаимосвязь углеводородов и кислородсодержащих органических соединений
7.	Характерные химические свойства азотсодержащих органических соединений: аминов и аминокислот
8.	Биологически важные вещества: жиры, углеводы (моносахарины, дисахарины, полисахарины), белки
9.	Реакции, подтверждающие взаимосвязь органических соединений

### **3.1. Теоретический материал**

#### **Теория химического строения органических соединений: гомология и изомерия**

Основными особенностями строения органических веществ являются следующие:

1) В состав органических соединений кроме углерода входят атомы: H, O, N, P, S, F, Cl, Br, I.

2) Углерод в органических веществах всегда четырехвалентен, водород — одновалентен, а кислород — двухвалентен.

3) Атомы углерода могут соединяться одинарными, двойными или тройными связями, образуя так называемый *углеродный скелет*.

4) Основной вид химической связи — ковалентная неполярная (между атомами углерода) и ковалентная полярная (между другими атомами).

5) Большинство органических веществ не проводят электрический ток (неэлектролиты), горят и разлагаются при нагревании.

6) Большинство химических реакций в органической химии протекают медленно, многие с участием катализатора и нередко сопровождаются параллельными химическими процессами.

Основой изучения курса органической химии является теория химического строения органических соединений, начала которой заложены А.М. Бутлеровым.

Ее главные положения:

1) Атомы в молекулах соединены в определенной последовательности согласно их валентности. Последовательность соединения атомов в молекулах называется *химическим строением*.

2) Свойства веществ определяются не только качественным и количественным составом, но и химическим строением.

3) Атомы в молекулах оказывают взаимное влияние друг на друга.

Результатом *взаимного влияния атомов* является смещение электронной плотности от менее электроотрицательного атома к более электроотрицательному. Это в свою очередь

приводит к образованию частично положительного ( $\delta+$ ) или частично отрицательного заряда ( $\delta-$ ). Примером взаимного влияния атомов является *индуктивный эффект* ( $\pm I$ ).

Основными понятиями, рассматриваемыми в рамках этой теории, являются понятия «изомеры» и «гомологи».

**Гомологи** — это вещества, имеющие сходное строение, но отличающиеся друг от друга на одну или несколько групп  $-\text{CH}_2-$ .

**Изомеры** — это вещества, имеющие одинаковый качественный и количественный состав, но различающиеся по строению. Различия в строении изомеров обусловливают разные физические и химические свойства изомеров.

Существуют два основных вида изомерии: *структурная* (обусловленная различным порядком соединения атомов в молекуле) и *пространственная* (обусловленная различным расположением частиц в пространстве, при одинаковом порядке их соединения).

Виды структурной изомерии:

- 1) изомерия углеродного скелета;
- 2) изомерия положения функциональной группы;
- 3) изомерия положения заместителя;
- 4) межклассовая изомерия.

Примером пространственной изомерии является *цистранс*-изомерия (геометрическая), которая, например, может быть обусловлена различным расположением атомов относительно плоскости двойной связи.

### **Типы связей в молекулах органических веществ.**

#### **Гибридизация атомных орбиталей углерода.**

#### **Радикал. Функциональная группа**

Основным видом химической связи в органических веществах является ковалентная полярная. В солях карбоновых кислот, солях, образованных аминами, а также алкоголятах — связь ионная. Между молекулами спиртов, карбоновых кислот и в белках могут образовываться водородные связи.

Для объяснения особенностей пространственного строения молекул органических веществ используют *теорию гибридизации*.

зации, в соответствии с которой при перекрывании электронных облаков различного типа (главным образом *s* и *p*) образуются смешанные (гибридные) орбитали.

В зависимости от количества *s*- и *p*-орбиталей, участвующих в гибридизации, различают *sp*<sup>3</sup>-, *sp*<sup>2</sup>- и *sp*-гибридизации. Для атомов углерода, образующих в молекулах одинарные связи (в алканах, циклоалканах), характерна *sp*<sup>3</sup>-гибридизация; для атомов углерода при двойной связи *sp*<sup>2</sup>-гибридизация (в алкенах, алкадиенах, аренах, в карбонильной группе); а для атомов углерода при тройной связи *sp*-гибридизация (в алкинах).

Частица, имеющая свободную связь или неспаренный электрон, называется **радикалом**. Группа атомов, обусловливающая определенные химические свойства веществ, называется **функциональной группой**.

### Классификация и номенклатура органических веществ

По составу и строению органические вещества условно можно отнести к трем группам: углеводороды, кислородсодержащие и азотсодержащие соединения.

Особенности строения и свойств находят свое отражение и в системе названия веществ — **номенклатуре**. Наиболее используемыми видами номенклатуры являются: *систематическая* и *тривиальная*.

Таблица 6

Класс соединений	Общая формула гомологического ряда	Примеры веществ и их названий
Углеводороды		
Алканы	$C_nH_{2n+2}$	$CH_3—CH_3$ этан
Циклоалканы	$C_nH_{2n}$	$CH_2—CH_2$ $  \qquad  $ $CH_2—CH_2$ цикlobутан
Алкены	$C_nH_{2n}$	$CH_3—CH_2—CH=CH_2$ бутен-1

Класс соединений	Общая формула гомологического ряда	Примеры веществ и их названий
Алкадиены (диены)	$C_nH_{2n-2}$	$CH_2=CH-CH=CH_2$ бутадиен-1,3
Алкины	$C_nH_{2n-2}$	$HC\equiv C-CH_3$ пропин
Ароматические (арены)	$C_nH_{2n-6}$	$C_6H_6$ бензол
<b>Кислородсодержащие соединения</b>		
Спирты	$C_nH_{2n+2}O$ и $R-OH$	$CH_3-CH_2-OH$ этанол
Фенолы	$C_6H_{6-m}-(OH)_m$ , (где $m$ — число групп $-OH$ )	$C_6H_5-OH$ фенол
Простые эфиры	$C_nH_{2n+2}O$ и $R-O-R$	$CH_3-O-CH_3$ диэтиловый эфир
Альдегиды и кетоны	$C_nH_{2n}O$ и $R-CHO$	$CH_3-CHO$ этаналь
Карбоновые кислоты	$C_nH_{2n+2}O_2$ и $RCOOH$	$CH_3-CH_2-COOH$ пропановая кислота
Сложные эфиры	$C_nH_{2n+2}O_2$ и $R-COOR$	$CH_3-COOC_2H_5$ этиловый эфир уксусной кислоты (этилацетат)
Углеводы	$C_n(H_2O)_m$	$C_6H_{12}O_6$ глюкоза или фруктоза
<b>Азотсодержащие соединения</b>		
Нитросоединения	$C_nH_{2n+2}$ и $R-NO_2$	$CH_3-CH_2-NO_2$ нитроэтан
Амины	$C_nH_{2n+2}$ и $R-NH_2$	$CH_3-NH_2$ метиламин
Аминокислоты	$C_nH_{2n+2}$ и $NH_2-CH(X)-COOH$	$NH_2-CH(CH_3)-COOH$ аланин
Белки	биополимеры	гемоглобин

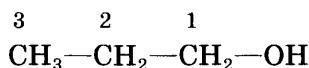
Единственным веществом, рассматриваемым в группе «фенолы», является сам фенол, имеющий формулу  $C_6H_5OH$ .

Рассмотрим правила образования названий органических веществ по систематической номенклатуре.

При составлении названий органических веществ по систематической номенклатуре наиболее важным является правильно определить число атомов углерода в наиболее длинной углеродной цепи или посчитать число атомов углерода в цикле.

Соединения, состоящие из одного атома углерода, будут иметь в своем названии корень *мет-*; если углеродная цепь образована двумя атомами углерода — *эт-*, тремя атомами — *проп-*, четырьмя — *бут-*, пятью — *пент-*, шестью — *гекс-*, семью — *гепт-*, восемью — *окт-*, девятью — *нон-*, десятью — *дек(ц)-*.

Вторая важная составляющая, учитываемая при составлении названий, — наличие (или отсутствие) кратных связей или *функциональной группы* (см. табл. 6). **Функциональная группа** — атом или группа атомов, обуславливающих принадлежность вещества к тому или иному классу соединений, а также наиболее характерные химические свойства этого класса. Примерами функциональных групп могут служить:  $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-NH_2$ ,  $-NO_2$  и другие. Назовем вещество, имеющее строение:



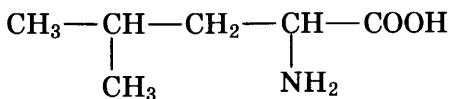
1. В углеродной цепи данной молекулы три атома углерода, следовательно, корень в названии — «проп-»;

2. Отсутствие кратных связей говорит о предельном составе соединения, следовательно, суффикс будет «-ан»;

3. Наличие функциональной группы  $-OH$  позволяет добавить к названию суффикс «-ол».

4. В молекулах, содержащих кратные связи или функциональные группы, нумерация атомов углерода начинается с той стороны молекулы, к которой они ближе расположены. Название данного соединения пропанол-1.

Приведем еще один *пример*:



Наличие в углеродной цепи пяти атомов углерода определяет основной корень названия вещества «пент-», отсутствие кратных связей — суффикс «-ан». Нумерацию начинают от атома углерода в функциональной (карбоксильной) группе  $-\text{COOH}$ , которая определяет принадлежность этого вещества к классу карбоновых кислот, а следовательно, и окончание названия «-овая кислота». У второго атома находится еще и аминогруппа ( $\text{NH}_2-$ ), следовательно, данное вещество относится к классу аминокислот. У четвертого атома углерода находится радикал метил ( $\text{CH}_3-$ ). Таким образом, название данного соединения по систематической номенклатуре 2-амино-4-метилпентановая кислота. Тривиальное название данного вещества — лейцин. Прямой связи со строением вещества тривиальные названия, как правило, не имеют. Таким образом, это особая система названий, предполагающая их целенаправленное запоминание.

Так, например, малоизвестное название «этановая кислота» в рамках тривиальной номенклатуры имеет вполне знакомое название — уксусная.

При выполнении заданий, проверяющих знание химических свойств органических веществ, необходимо исходить из состава и строения веществ, так как именно этим и определяются их свойства.

Определяющую роль в особенностях строения и свойств отдельных типов углеводородов играет вид гибридизации атомных орбиталей углерода. Гибридное состояние изменяется при переходе от одной разновидности углеводородов к другой. Общие характеристики углеводородов представлены в сводной таблице 7.

Таблица 7

Характеристика						
Углеводороды	Общая формула	Первый гомолог	Вид гибридизации	Вид ковалентной связи	Длина связи C—C, нм	Угол между связями
Алканы	$C_nH_{2n+2}$	$CH_4$	$sp^3$	$\sigma_{C-C}$ $\sigma_{C-H}$	0,154	109°28'
Циклоалканы	$C_nH_{2n}$	$\begin{array}{c} CH_2 \\ \diagdown \\ CH_2-CH_2 \end{array}$	$sp^3$	$\sigma_{C-C}$ $\sigma_{C-H}$	0,154	$\begin{array}{l} C_3, C_4 \\ \text{меньше} \\ 109°28' \end{array}$
Алкены	$C_nH_{2n}$	$H_2C=CH_2$	$sp^2$	$\sigma_{C-C}$ $\sigma_{C-H}$ $\pi_{C-C}$	0,134	120°
Алкины	$C_nH_{2n-2}$	$HC\equiv CH$	$sp$	$\sigma_{C-C}$ $\sigma_{C-H}$ $2\pi_{C-C}$	0,120	180°
Арены	$C_nH_{2n-6}$	$\begin{array}{c} CH \\    \\ HC-CH \\    \\ HC-CH \\    \\ CH \end{array}$	$sp^2$	$\sigma_{C-C}$ и $\sigma_{C-H}$ $6\pi$ — электронное сопряжение в цикле	0,140	120°
						Замещение

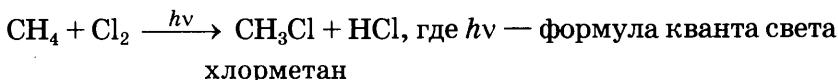
# Характерные химические свойства углеводородов

## Алканы

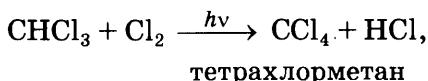
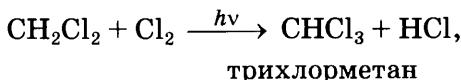
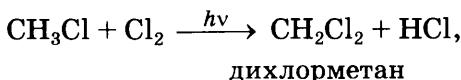
Предельные углеводороды — **алканы** — вступают в реакции замещения и не вступают в реакции присоединения. В то время как практически для всех непредельных соединений, т.е. веществ, содержащих двойные и тройные связи, этот тип реакций является наиболее характерным.

### 1. Реакции замещения

#### а) Галогенирование:



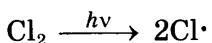
При достаточном количестве хлора реакция продолжается дальше и приводит к образованию смеси продуктов замещения двух, трех и четырех атомов водорода:



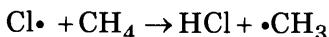
Реакция галогенирования алканов протекает по радикальному цепному механизму, т.е. как цепь последовательных превращений с участием свободно-радикальных частиц.

Рассмотрим механизм радикального замещения на примереmonoхлорирования метана:

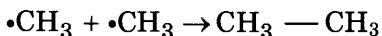
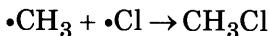
Стадия 1 — *зарождение цепи* — появление в зоне реакции свободных радикалов. Под действием световой энергии гомолитически разрушается связь в молекуле Cl : Cl на два атома хлора с неспаренными электронами (свободные радикалы):



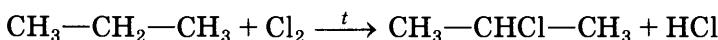
**Стадия 2 — рост (развитие) цепи.** Свободные радикалы, взаимодействуя с молекулами, порождают новые радикалы и развивают цепь превращений:



**Стадия 3 — обрыв цепи.** Радикалы, соединяясь друг с другом, образуют молекулы и обрывают цепь превращений:



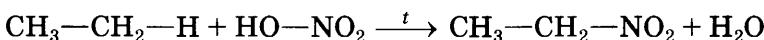
При хлорировании или бромировании алкана с вторичными или третичными атомами углерода легче всего идет замещение водорода у третичного атома,最难的 у вторичного и еще最难的 у первичного. Это объясняется большей устойчивостью третичных и вторичных углеводородных радикалов по сравнению с первичными вследствие делокализации неспаренного электрона. Поэтому, например, при хлорировании пропана основным продуктом реакции является 2-хлорпропан:



### б) Нитрование алканов (реакция Коновалова)

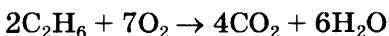
На алканы действуют разбавленной азотной кислотой при нагревании ( $140-150^\circ\text{C}$ ) и давлении. В результате происходит замещение атома водорода на остаток азотной кислоты — нитрогруппу  $\text{NO}_2$ . Эту реакцию называют реакцией нитрования, а продукты реакции — нитросоединениями.

Схема реакции:

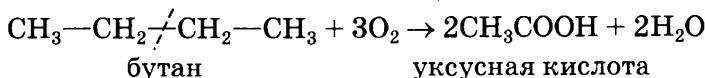


## 2. Реакции окисления

а) все алканы горят с образованием углекислого газа и воды:

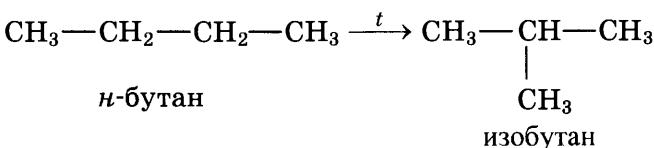


б) частичное окисление алканов при относительно невысокой температуре и с применением катализаторов сопровождается разрывом только части связей С—С и С—Н:

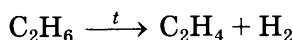
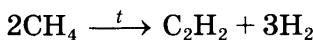


В результате реакций окисления, в зависимости от строения алкана, могут быть получены и другие вещества: кетоны, альдегиды, спирты.

### 3. Реакции изомеризации (с участием катализатора $\text{AlCl}_3$ ):



### 4. Реакции разложения:



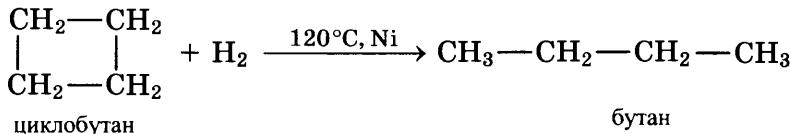
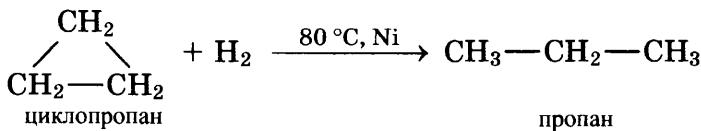
## Циклоалканы

Химические свойства циклоалканов во многом зависят от числа атомов углерода в цикле. Трех- и четырехчленные циклы (*малые циклы*), являясь насыщенными, тем не менее резко отличаются от всех остальных предельных углеводородов. Валентные углы в циклопропане и циклобутане значительно меньше нормального тетраэдрического угла  $109^{\circ}28'$ , свойственного  $sp^3$ -гибридизованному атому углерода. Это приводит к большой напряженности таких циклов и их стремлению к раскрытию под действием реагентов. Поэтому циклопропан, циклобутан и их производные вступают в *реакции присоединения*, проявляя характер ненасыщенных соединений. Легкость реакций присоединения уменьшается с уменьшением напряженности цикла в ряду:

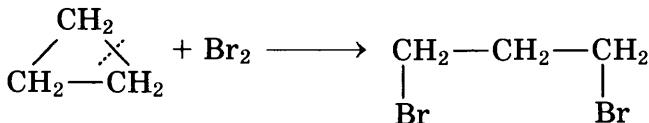
циклопропан > циклобутан >> цикlopентан.

Наиболее устойчивыми являются 6-членные циклы, в которых отсутствуют угловое и другие виды напряжения.

**Малые циклы ( $C_3$ — $C_4$ )** довольно легко вступают в реакции гидрирования:

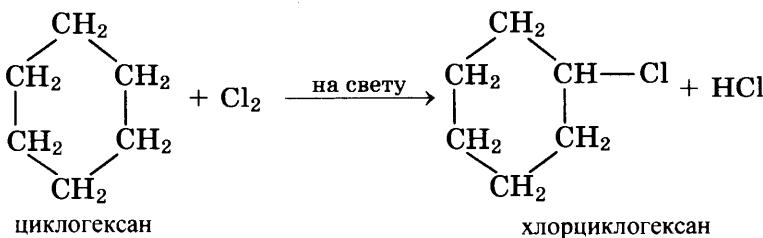


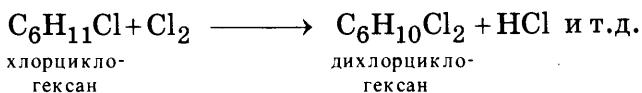
Циклопропан и его производные присоединяют галогены и галогеноводороды:



Для циклоалканов ( $C_5$  и выше) вследствие их большей устойчивости характерны реакции, в которых сохраняется циклическая структура, т.е. *реакции замещения*.

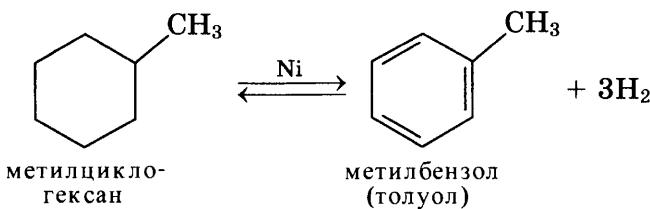
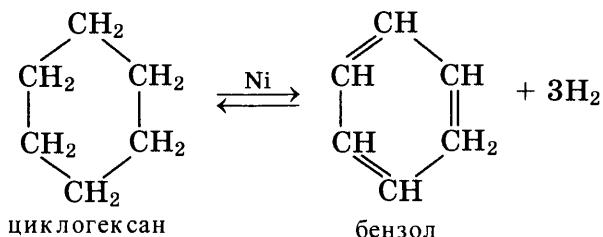
*Хлорирование* циклогексана идет по цепному механизму (подобно замещению в алканах):





Эти соединения, подобно алканам, вступают также в реакции дегидрирования в присутствии катализатора и др.

*Дегидрирование циклогексана и его алкильных производных:*



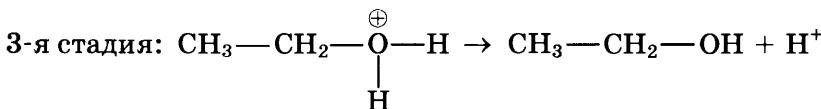
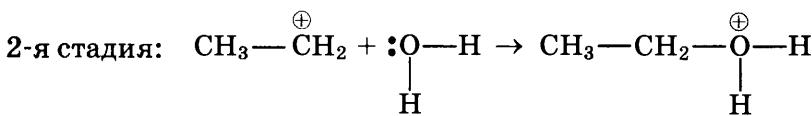
## Алкены

Алкены относятся к непредельным углеводородам. В их молекулах присутствует одна двойная связь ( $\sigma$ -связь и  $\pi$ -связь). Именно с разрывом более слабой  $\pi$ -связи и протекают реакции присоединения.

Алкены вступают в разнообразные реакции присоединения. В качестве реагентов могут выступать молекулы водорода (*реакция гидрирования*), галогенов (*реакция галогенирования*), галогеноводородов (*реакция гидрогалогенирования*), воды (*реакция гидратации*). За счет разрыва  $\pi$ -связи протекает и реакция полимеризации. В общем виде схемы указанных процессов можно записать следующим образом.

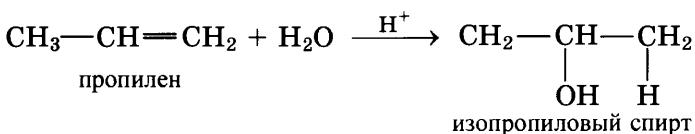
Алкен	Реагент	Продукт	Вид реакции
$\begin{array}{c}   \\ -C=C-C- \\   \end{array}$	$+ H_2 \xrightarrow{Ni}$	$\begin{array}{c}   \\ -C-H-C- \\   \\ H \quad H \end{array}$	Гидрирование (восстановление)
$\begin{array}{c}   \\ -C=C-C- \\   \end{array}$	$+ Br_2$	$\begin{array}{c}   \\ -C-Br-C- \\   \\ Br \quad Br \end{array}$	Галогенирование (бромирование)
$\begin{array}{c}   \\ -C=C-C- \\   \end{array}$	$+ HCl$	$\begin{array}{c}   \\ -C-H-C- \\   \\ H \quad Cl \end{array}$	Гидрогалогени- рование (гидрохлориро- вание)
$\begin{array}{c}   \\ -C=C-C- \\   \end{array}$	$+ H_2O \xrightarrow{H^+}$	$\begin{array}{c}   \\ -C-H-C- \\   \\ H \quad OH \end{array}$	Гидратация
$n(-C=C-C-)$	$\xrightarrow{\text{катализатор}}$	$(-C-C-)_n$	Полимеризация
$CH_2=CH_2$ этилен	$\xrightarrow{H^+}$	$\begin{array}{c} CH_2-CH_2 \\   \quad   \\ H \quad OH \\ \text{этиловый спирт} \end{array}$	

Рассмотрим механизм реакции гидратации, происходящей в присутствии минеральных кислот по механизму электрофильного присоединения<sup>2</sup>:



<sup>2</sup> Электрофильное присоединение — это процесс присоединения частицы, несущей положительный заряд ( $H^+$ ;  $NO_2^+$  и т.д.), к фрагменту молекулы, имеющей частично отрицательный заряд.

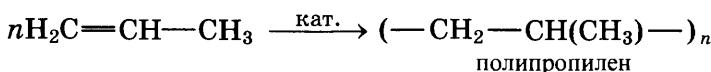
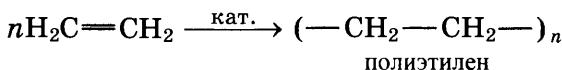
При взаимодействии несимметричных алканов с молекулами галогеноводородов или воды соблюдается правило В.В. Марковникова: присоединение атома водорода к молекуле несимметричного алкена происходит преимущественно к более гидрогенизированному атому углерода (уже соединенному с большим числом атомов водорода).



Разновидностью реакции присоединения является *реакция полимеризации*, в ходе которой происходит образование высокомолекулярного соединения (полимера) путем последовательного присоединения молекул низкомолекулярного вещества (мономера) по схеме:

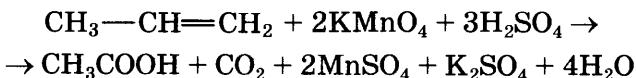
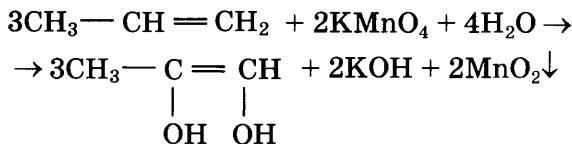


Число  $n$  в формуле полимера ( $M_n$ ) называется *степенью полимеризации*. Реакции полимеризации алканов идут за счет присоединения по кратным связям:



Алканы вступают в реакции окисления, например с перманганатом калия.

В нейтральной и кислой среде реакции идут по-разному.



## Алкадиены (диены)

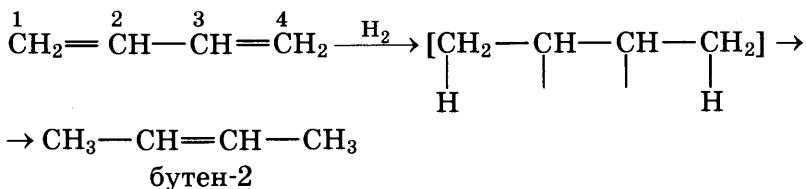
Свойства алкадиенов (диенов) аналогичны свойствам алкенов. Главное отличие в их свойствах связано с наличием двух двойных связей в молекулах, причем важную роль играет именно их расположение. Наибольший интерес представляют сопряженные алкадиены (т.е. имеющие *сопряженные* двойные связи (разделенные одной  $\sigma$ -связью). Они отличаются характерными свойствами, обусловленными электронным строением молекул, а именно непрерывной последовательностью четырех  $sp^2$ -атомов углерода, например, бутадиен-1,3:



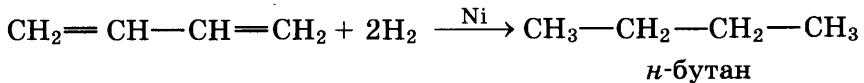
Рассмотрим химические свойства диенов.

### 1. Гидрирование

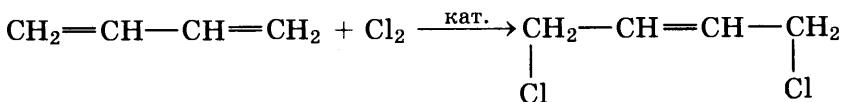
При гидрировании бутадиена-1,3 получается бутен-2, т.е. происходит 1,4-присоединение. При этом двойные связи разрываются, к крайним атомам углерода  $C_1$  и  $C_4$  присоединяются атомы водорода, а свободные валентности образуют двойную связь между атомами  $C_2$  и  $C_3$ :



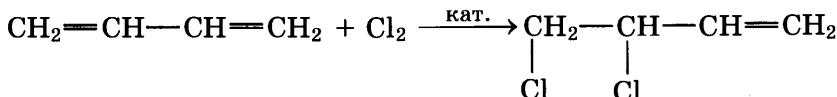
В присутствии катализатора Ni получается продукт полного гидрирования:



2. Галогенирование — происходит аналогично реакции гидрирования. Преимущественно атомы галогенов присоединяются к первому и четвертому атомам углерода (присоединение-1,4):



В качестве побочного процесса протекает 1,2-присоединение:



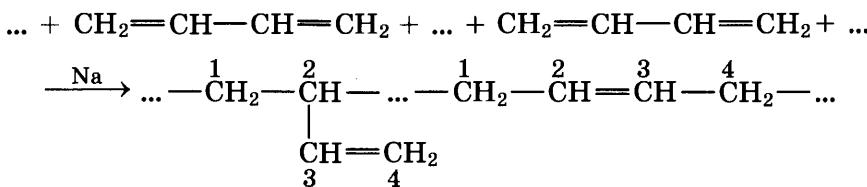
При избытке хлора присоединяется еще одна его молекула по месту оставшейся двойной связи с образованием 1,2,3,4-тетрахлорбутана.

Присоединение галогенов, галогеноводородов, воды и других полярных реагентов происходит по электрофильному механизму (как в алкенах).

К реакциям присоединения относятся реакции *полимеризации*, характерные для диенов. Этот процесс имеет важное значение в производстве синтетических каучуков.

Полимеризация 1,3-диенов может протекать либо по типу 1,4-присоединения, либо по смешанному типу 1,2- и 1,4-присоединения. Направление присоединения зависит от условий проведения реакции.

Первый синтетический каучук, полученный по методу С.В. Лебедева при полимеризации дивинила под действием металлического натрия, представлял собой полимер нерегулярного строения со смешанным типом звеньев 1,2- и 1,4-присоединения:



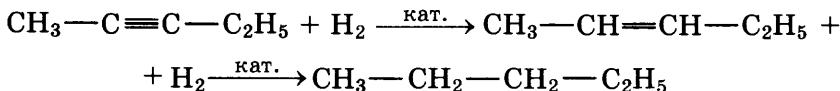
## Алкины

Основным типом реакции для алкинов, так же как и для алкенов и диенов, является реакция присоединения.

### 1. Гидрирование

В присутствии металлических катализаторов (Pt, Ni) алкины присоединяют водород (разрывается первая  $\pi$ -связь)

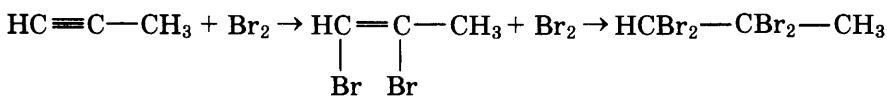
с образованием алkenов, а затем разрывается вторая  $\pi$ -связь, и образуются алканы:



При использовании других (менее активных катализаторов) гидрирование останавливается на стадии образования алkenов.

### 2. Галогенирование

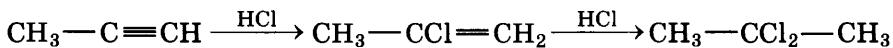
Электрофильное присоединение галогенов к алкинам проходит медленнее, чем для алkenов (первая  $\pi$ -связь разрывается труднее, чем вторая):



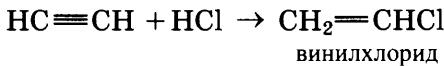
Алкины обесцвечивают бромную воду (качественная реакция).

### 3. Гидрогалогенирование

Присоединение галогеноводородов к аминам также идет по электрофильному механизму. Продукты присоединения к несимметричным алкинам определяются правилом В.В. Марковникова:



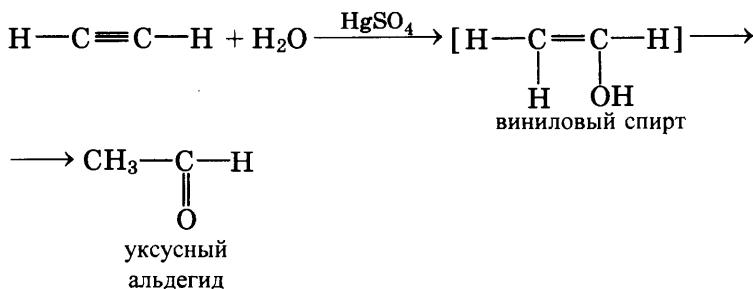
Гидрохлорирование ацетилена используется в одном из промышленных способов получения винилхлорида:



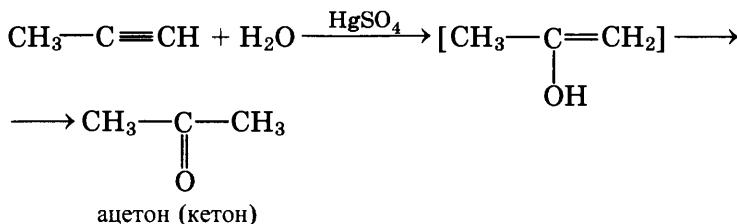
Винилхлорид является исходным веществом (мономером) в производстве поливинилхлорида (ПВХ).

### 4. Гидратация (реакция Кучерова)

Присоединение воды к алкинам происходит в присутствии катализатора соли ртути(II) и идет через образование неустойчивого непредельного спирта, который изомеризуется в уксусный альдегид (в случае ацетилена):

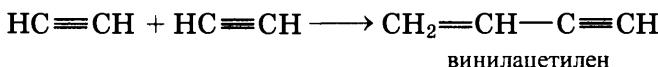


или в кетон (в случае других алкинов):

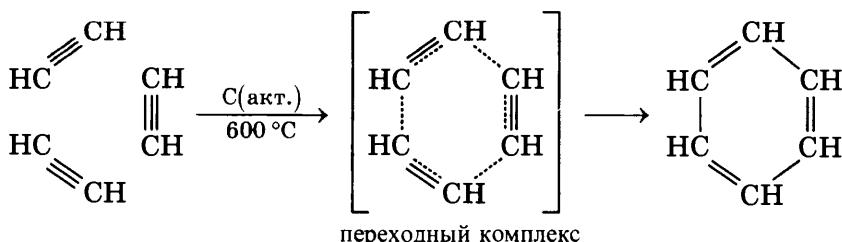
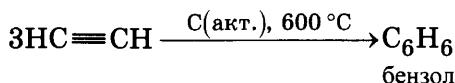


## 5. Полимеризация

а) Димеризация под действием водно-аммиачного раствора CuCl:

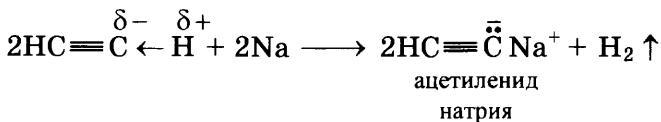


б) Тримеризация ацетилена над активированным углем приводит к образованию бензола (*реакция Зелинского*):



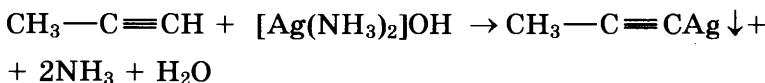
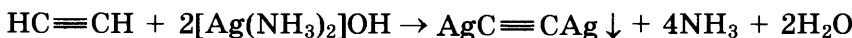
## 6. Кислотные свойства ацетилена

Ацетилен и его гомологи с концевой тройной связью  $R-C\equiv C-H$  (алкины-1) вследствие полярности связи  $C(sp)-H$  проявляют слабые кислотные свойства: атомы водорода могут замещаться атомами металла. При этом образуются соли — *ацетилениды*:



Ацетилениды щелочных и щелочноземельных металлов используются для получения гомологов ацетилена.

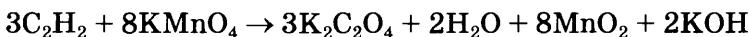
При взаимодействии ацетилена (или  $R-C\equiv C-H$ ) с аммиачными растворами оксида серебра или хлорида меди(I) выпадают осадки нерастворимых ацетиленидов:



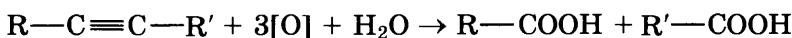
## 7. Окисление алкинов

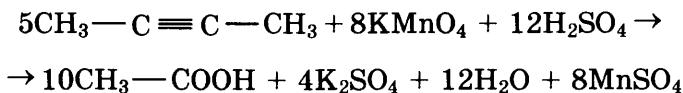
Ацетилен и его гомологи легко окисляются различными окислителями (перманганатом калия в кислой и щелочной среде, дихроматом калия в кислой среде и др.). Строение продуктов окисления зависит от природы окислителя и условий проведения реакций.

Например, при окислении ацетилена в щелочной среде образуется оксалат:

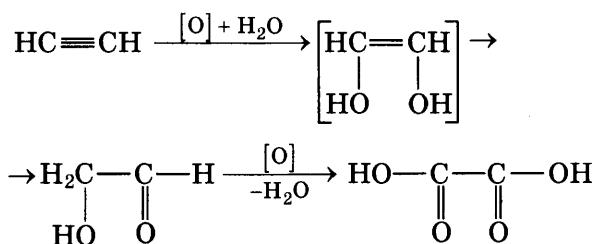


При *жестком* окислении (нагревание, концентрированные растворы, кислая среда) происходит расщепление углеродного скелета молекулы алкина по тройной связи и образуются карбоновые кислоты:

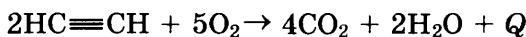




Алкины обесцвечивают разбавленный раствор перманганата калия, что используется для доказательства их ненасыщенности. В этих условиях происходит *мягкое* окисление без разрыва  $\sigma$ -связи C—C (разрушаются только  $\pi$ -связи). Например, при взаимодействии ацетилена с разбавленным раствором  $\text{KMnO}_4$  при комнатной температуре возможны следующие превращения с образованием щавелевой кислоты  $\text{HOOC-COOH}$ :



При сгорании алкинов происходит их *полное окисление* до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Горение ацетилена сопровождается выделением большого количества теплоты:



Качественной реакцией на непредельные углеводороды служит обесцвечивание бромной воды и раствора перманганата калия (см. раздел 4).

### **Ароматические углеводороды (арены)**

По химическим свойствам арены отличаются от предельных и непредельных углеводородов. Это объясняется особенностями строения бензольного кольца. Делокализация шести  $\pi$ -электронов в циклической системе понижает энергию молекулы, что обуславливает повышенную устойчивость (арomaticность) бензола и его гомологов.

Поэтому арены не склонны вступать в реакции присоединения или окисления, которые ведут к нарушению ароматичности.

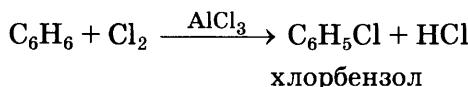
Для аренов более характерны реакции, идущие с сохранением ароматической системы, а именно *реакции замещения* атомов водорода, связанных с циклом.

Другие реакции (присоединение, окисление), в которых участвуют делокализованные углерод-углеродные связи бензольного кольца и нарушается его ароматичность, идут с трудом.

## 1. Реакции замещения

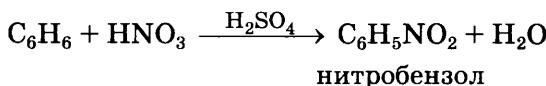
### а) Галогенирование

Замещение атома водорода в бензольном кольце на галоген происходит в присутствии катализаторов  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{AlBr}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$  и т.п. (кислот Льюиса):



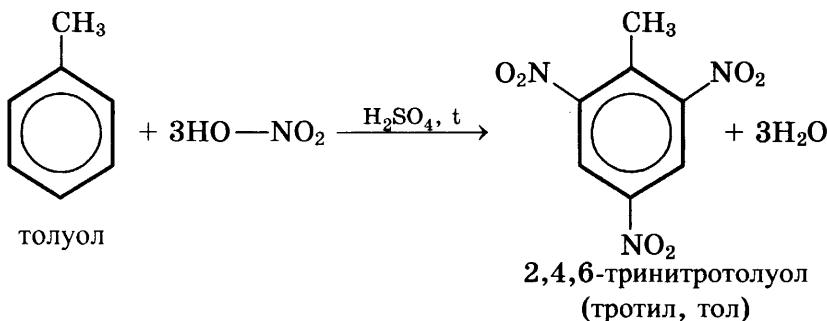
### б) Нитрование

Бензол реагирует с нитрующей смесью (смесью концентрированных азотной и серной кислот):



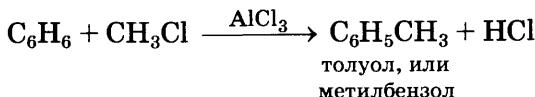
Гомологи бензола (алкилбензолы) более активно вступают в реакции замещения по сравнению с бензолом.

Например, при нитровании толуола  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$  может происходить замещение не одного, а трех атомов водорода с образованием 2,4,6-тринитротолуола:

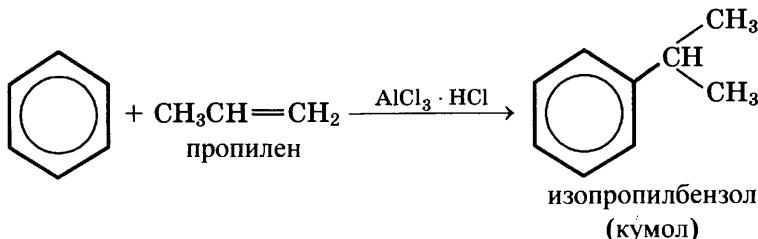


### в) Алкилирование

Замещение атома водорода в бензольном кольце на алкильную группу (*алкилирование*) происходит под действием *алкилгалогенидов* (реакция Фриделя-Крафтса) или *алкенов* в присутствии катализаторов  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{AlBr}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ .



### г) Алкилирование бензола алкенами



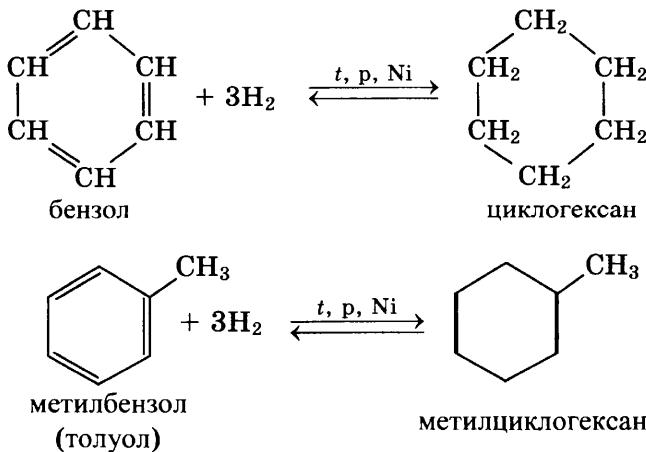
## 2. Присоединение

В реакции присоединения, приводящие к разрушению ароматической структуры бензольного кольца, арены могут вступать с большим трудом.

### а) Гидрирование

Присоединение водорода к бензолу и его гомологам происходит при повышенной температуре и давлении в присутствии металлических катализаторов.

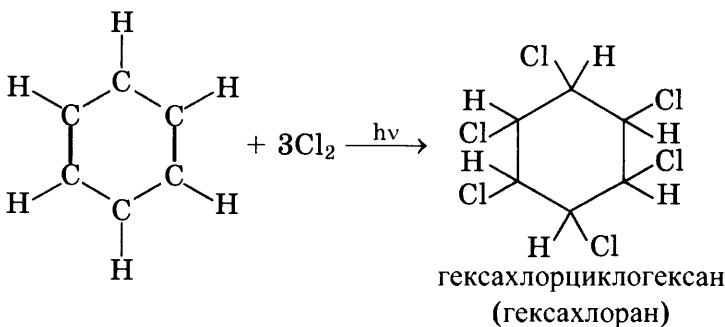
Гидрирование бензола и его гомологов:



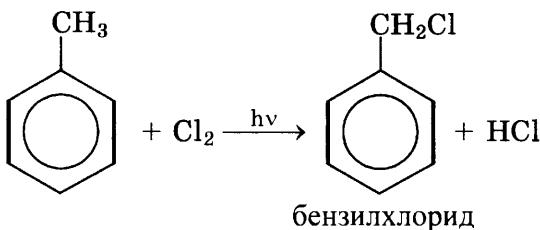
Эта реакция является обратной образованию бензола при дегидрировании циклогексана.

### б) Хлорирование (радикальный механизм)

В условиях радикальных реакций (ультрафиолетовое облучение) возможно присоединение галогенов к ароматическим соединениям.



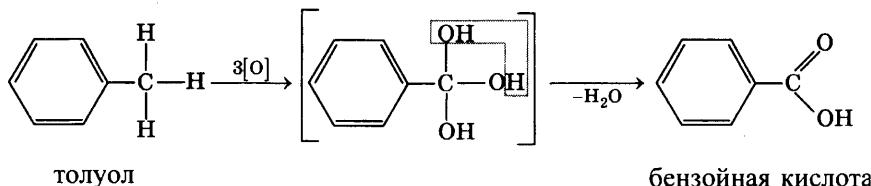
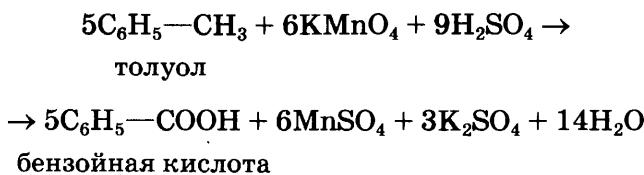
Заметим, что в случае гомологов бензола более легко происходит реакция радикального замещения атомов водорода в *боковой цепи*:



### 3. Окисление

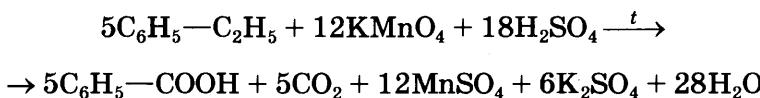
Бензол не окисляется даже под действием сильных окислителей ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и т.п.). Поэтому он часто используется как инертный растворитель при проведении реакций окисления других органических соединений. В отличие от бензола его гомологи окисляются довольно легко.

При действии раствора  $\text{KMnO}_4$  в кислой среде и нагревании в гомологах бензола окислению подвергаются только боковые цепи:



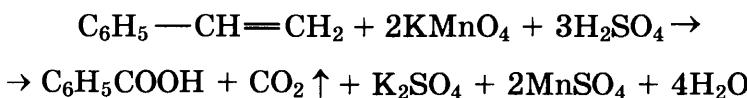
Окисление других гомологов (этилбензол, пропилбензол и т.д.) также приводит к образованию бензойной кислоты. Разрыв связи при этом происходит между двумя ближайшими к кольцу атомами углерода в боковой цепи.

Например:

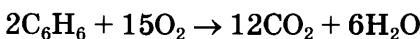


Алкильные группы в алкилбензолах окисляются легче, чем сами алканы. Это объясняется влиянием бензольного кольца на атомы в боковой цепи.

Одно из производных ароматических углеводородов — стирол (винилбензол) также окисляется перманганатом калия в кислой среде:



Бензол и его гомологи на воздухе горят коптящим пламенем, что обусловлено высоким содержанием углерода в их молекулах:



Бензол и его летучие гомологи образуют с воздухом и кислородом взрывоопасные смеси.

## **Характерные химические свойства предельных одноатомных и многоатомных спиртов, фенола**

К органическим гидроксисоединениям относятся вещества, содержащие одну или более гидроксильных групп  $-\text{OH}$ , связанных с углеводородным радикалом.

В зависимости от характера углеводородного радикала эти соединения подразделяют на две большие группы: *спирты*  $\text{R}-\text{OH}$ , *фенолы*  $\text{Ar}-\text{OH}$ .

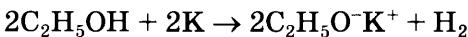
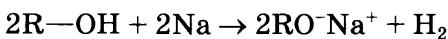
В химических реакциях гидроксисоединений возможно разрушение одной из двух связей:  $\text{C}-\text{OH}$  с отщеплением  $\text{OH}$ -группы и  $\text{O}-\text{H}$  с отщеплением водорода.

Это могут быть реакции *замещения*, в которых происходит замена  $\text{OH}$  или  $\text{H}$ , или реакция *отщепления*, когда образуется двойная связь.

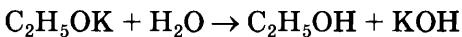
Полярный характер связей  $\text{C}-\text{O}$  и  $\text{O}-\text{H}$  способствует протеканию реакций по *ионному* механизму. При разрыве связи  $\text{O}-\text{H}$  с отщеплением протона ( $\text{H}^+$ ) проявляются кислотные свойства гидроксисоединения, а при разрыве связи  $\text{C}-\text{O}$  — свойства основания и нуклеофильного реагента.

### *1. Реакции с разрывом связи $\text{O}-\text{H}$*

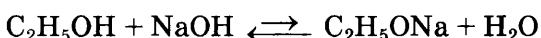
**Одноатомные спирты** реагируют с активными металлами ( $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Al}$  и др), образуя соли — *алкоголяты*:



Алкоголяты под действием воды полностью гидролизуются с выделением спирта и гидроксида металла:

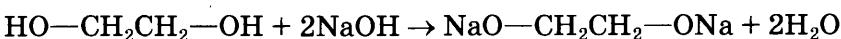
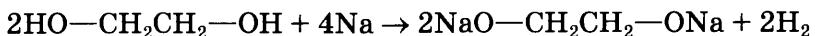


Спирты — более слабые кислоты, чем вода, так как алкильный радикал повышает электронную плотность на атоме кислорода и уменьшает полярность связи  $\text{O}-\text{H}$ . Поэтому при взаимодействии спиртов со щелочами алкоголяты практически не образуются:

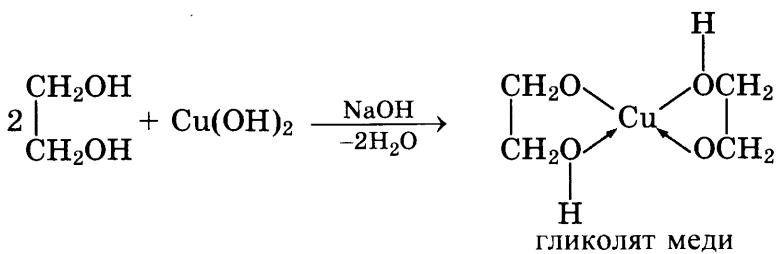


(равновесие этой реакции сдвинуто влево, так как соли спиртов в воде гидролизуются).

**Многоатомные спирты** с OH-группами у соседних атомов углерода (этиленгликоль, глицерин и т.п.) вследствие взаимного влияния атомов (индуктивный<sup>3</sup> — I-эффект OH-групп) являются более сильными кислотами, чем одноатомные спирты. Они образуют соли не только в реакциях с активными металлами, но и под действием их гидроксидов:



Такие спирты, в отличие от одноатомных, взаимодействуют с раствором гидроксида меди (II) в присутствии щелочи, образуя комплексные соединения, окрашивающие раствор в ярко-синий цвет (качественная реакция):

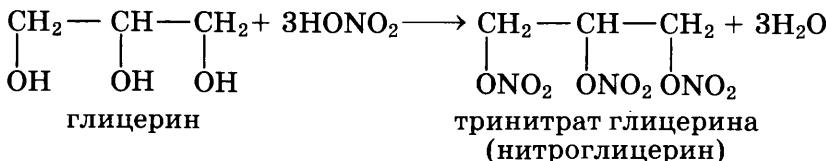
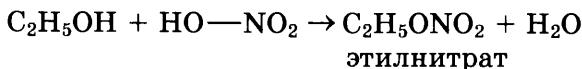
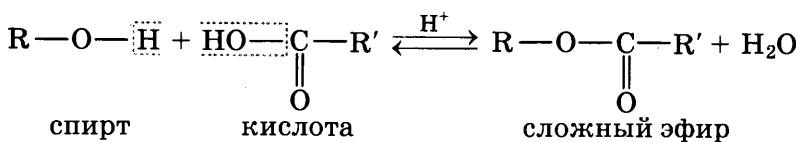


Многоатомные спирты с несоседними OH-группами подобны по свойствам одноатомным спиртам (не проявляется взаимное влияние групп OH) и не образуют окрашенного комплекса с Cu(OH)<sub>2</sub>.

## 2. Реакции с кислотами (с образованием сложных эфиров)

Спирты вступают в реакции с органическими и минеральными кислотами, образуя сложные эфиры. Реакция обратима (обратный процесс — гидролиз сложных эфиров).

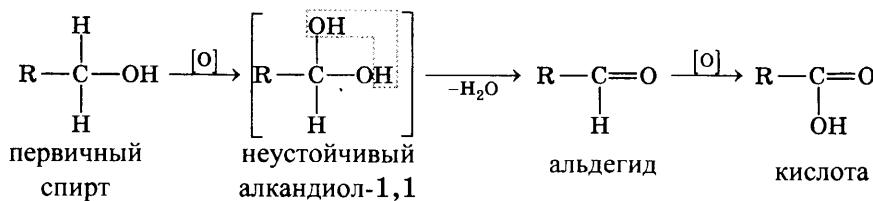
<sup>3</sup> Индуктивный эффект заключается в смещении электронов плотности в молекуле вдоль σ-связи. При этом +I-эффект увеличивает электронную плотность на соседнем атоме, -I-эффект — уменьшает.



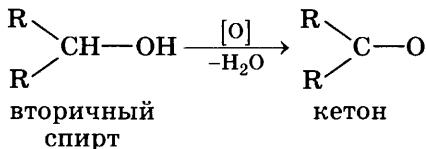
### 3. Реакции окисления

В качестве окислителей спиртов обычно используют:  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{O}_2$  + катализатор.

Первичные спирты при окислении образуют альдегиды, которые затем легко окисляются до карбоновых кислот.

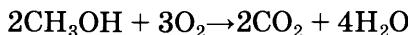


При окислении вторичных спиртов образуются кетоны.

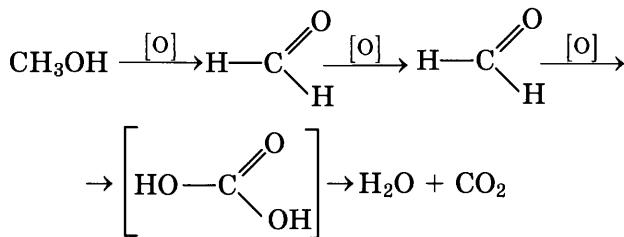


Третичные спирты более устойчивы к действию окислителей. Они окисляются только в жестких условиях (кислая среда, повышенная температура), что приводит к разрушению углеродного скелета молекулы и образованию смеси продуктов (карбоновых кислот и кетонов с меньшей молекулярной массой).

Предельное окисление гидроксисоединений до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  происходит при их горении, например:



Полное окисление метанола идет по схеме:

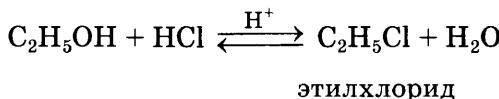


При сгорании спиртов выделяется большое количество теплоты.



#### 4. Реакции замещения OH-группы

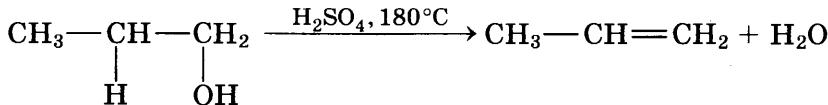
Замещение гидроксила  $\text{OH}$  на галоген происходит в реакции спиртов с галогеноводородами в присутствии катализатора — сильной минеральной кислоты (например,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ (конц.)). При этом спирты проявляют свойства слабых оснований.



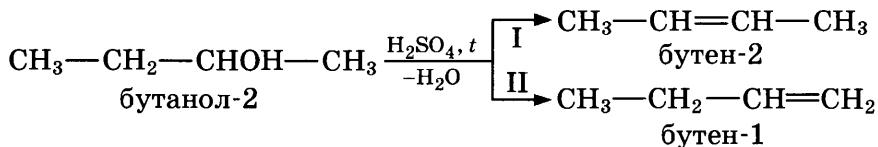
#### 5. Реакции дегидратации спиртов

Отщепление воды от молекул спирта (дегидратация спиртов) в зависимости от условий происходит как *внутримолекулярная* или как *межмолекулярная* реакция.

Внутримолекулярная дегидратация спиртов с образованием алkenов идет в присутствии концентрированной серной кислоты при повышенной температуре.

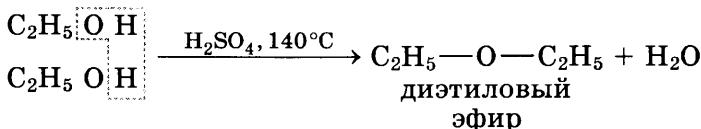


В тех случаях, когда возможны 2 направления реакции, например:



дегидратация идет преимущественно в I направлении, т.е. по правилу Зайцева — с образованием более замещенного алкена (водород отщепляется от менее гидрогенизированного атома углерода).

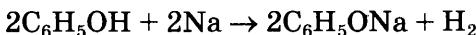
Межмолекулярная дегидратация спиртов с образованием простых эфиров происходит при более низкой температуре, чем внутримолекулярная реакция:



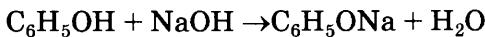
## Фенолы

**Фенолы** являются более сильными кислотами, чем спирты и вода, т.к. за счет участия неподеленной электронной пары кислорода в сопряжении с  $\pi$ -электронной системой бензольного кольца полярность связи O—H увеличивается.

1. Фенолы реагируют с металлическим натрием, образуя соли — *феноляты*.



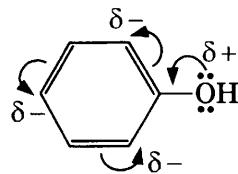
2. Фенолы реагируют с гидроксидами щелочных и щелочноземельных металлов:



3. Реакции фенола по бензольному кольцу

Взаимное влияние атомов в молекуле фенола проявляется не только в особенностях поведения гидроксигруппы, но и в большей реакционной способности бензольного ядра. Гидроксильная группа повышает электронную плотность в бен-

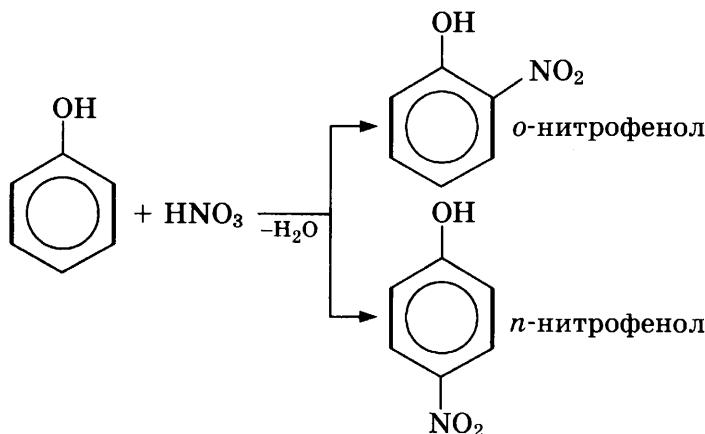
зольном кольце, особенно, в *ортопо-* и *пара*-положениях (2, 4, 6-положения):



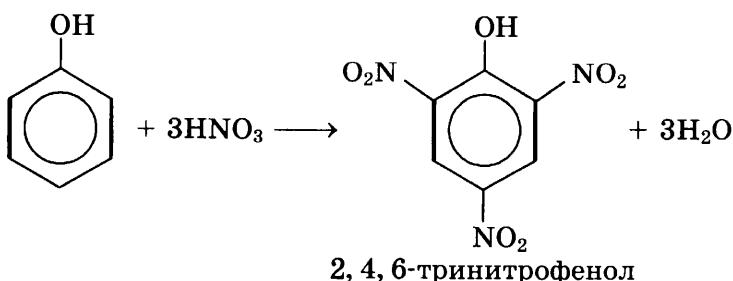
Поэтому фенол значительно активнее бензола вступает в реакции электрофильного замещения ( $S_E$ ) в ароматическом кольце.

#### а) *Нитрование*

Под действием 20%-ной азотной кислоты  $HNO_3$  фенол легко превращается в смесь *ортопо-* и *пара*-нитрофенолов:

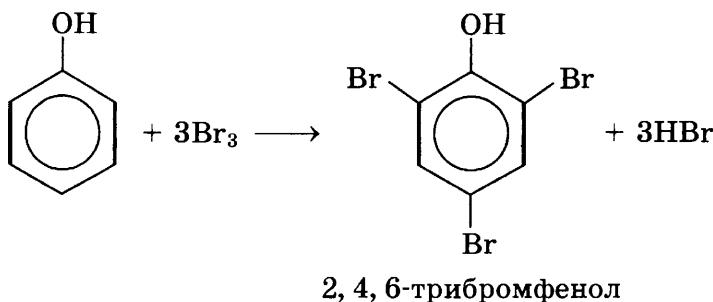


При использовании концентрированной  $HNO_3$  образуется 2,4,6-тринитрофенол (*пикриновая кислота*):



### б) Галогенирование

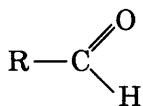
Фенол легко при комнатной температуре взаимодействует с бромной водой с образованием белого осадка 2,4,6-трибромфенола (качественная реакция на фенол):



4. Для обнаружения фенолов используется качественная реакция с хлоридом железа (III)  $\text{FeCl}_3$ . Одноатомные фенолы дают устойчивое сине-фиолетовое окрашивание, что связано с образованием комплексных соединений железа.

## Характерные химические свойства альдегидов, предельных карбоновых кислот, сложных эфиров

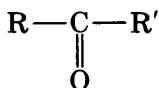
**Альдегиды** — органические соединения, в молекулах которых атом углерода карбонильной группы (карбонильный углерод) связан с атомом водорода.



Общая формула  $\text{R}-\text{CH}=\text{O}$ , где  $\text{R} = \text{H}$ , алкил-, арил-

Функциональная группа  $-\text{CH}=\text{O}$  называется *альдегидной*.

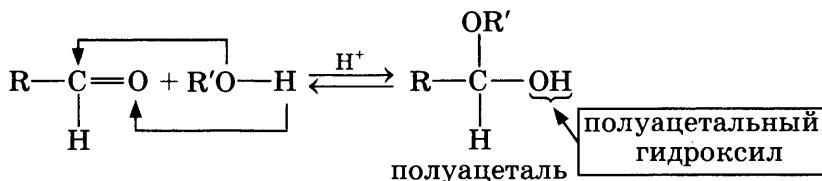
**Кетоны** — органические вещества, молекулы которых содержат карбонильную группу, соединенную с двумя углеводородными радикалами:



где R, R' = алкил, арил

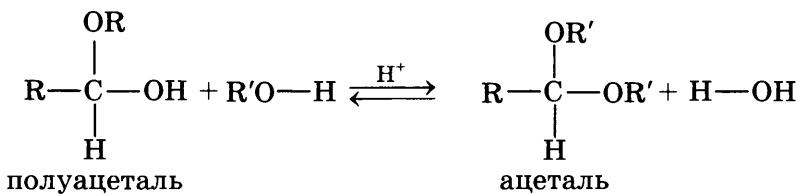
Присоединение большинства реагентов по двойной связи C=O происходит как ионная реакция по механизму нуклеофильного присоединения.

1. Присоединение спиртов с образованием полуацеталей (в присутствии кислоты или основания как катализатора):



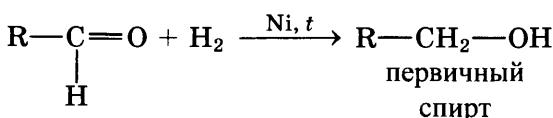
**Полуацетали** — соединения, в которых атом углерода связан с гидроксильной и алcoxильной (—OR) группами.

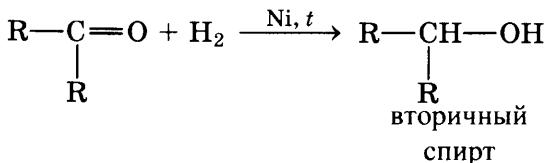
Взаимодействие полуацетала с еще одной молекулой спирта (в присутствии кислоты) приводит к **замещению** полуацетального гидроксила на алcoxильную группу OR' и образованию ацетала:



## 2. Реакции восстановления альдегидов и кетонов

Альдегиды при взаимодействии с водородом в присутствии Ni-катализатора образуют первичные спирты, кетоны — вторичные:



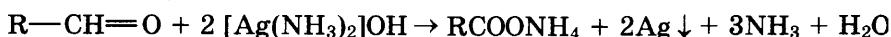


В лабораторных условиях для восстановления альдегидов и кетонов используется алюмогидрид лития  $\text{LiAlH}_4$ .

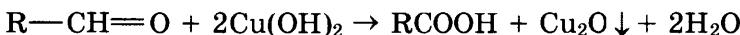
### 3. Реакции окисления альдегидов и кетонов

Альдегиды очень легко окисляются в соответствующие карбоновые кислоты под действием даже таких мягких окислителей, как оксид серебра и гидроксид меди (II).

Реакция «серебряного зеркала» — окисление аммиачным раствором оксида серебра:

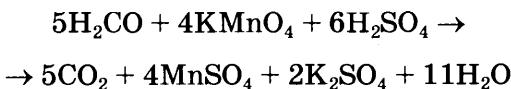


Окисление гидроксидом меди (II) в составе комплекса с винной кислотой или с аммиаком (синий цвет) с образованием красно-кирпичного осадка  $\text{Cu}_2\text{O}$ :

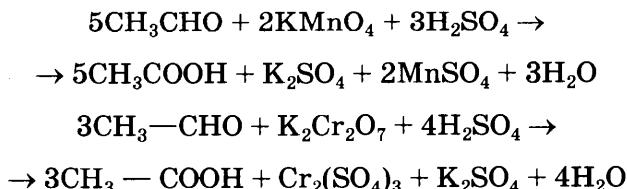


Данные реакции являются качественными на альдегидную группу.

Окисление формальдегида более сильным окислителем приводит к образованию углекислого газа:



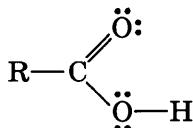
А при окислении ацетальдегида образуется уксусная кислота:



## Карбоновые кислоты

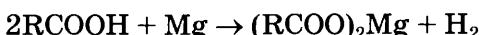
**Карбоновые кислоты** — органические соединения, содержащие одну или несколько карбоксильных групп  $\text{—COOH}$ .

Карбоксильная группа содержит две функциональные группы — карбонил  $\text{>C=O}$  и гидроксил  $\text{—OH}$ , непосредственно связанные друг с другом:

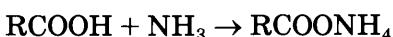


1. Образование солей происходит при действии на карбоновые кислоты:

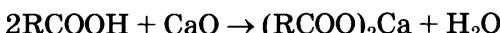
а) активных металлов



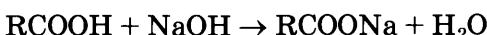
б) аммиака



в) основных оксидов



г) гидроксидов металлов

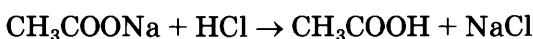


д) солей более слабых кислот

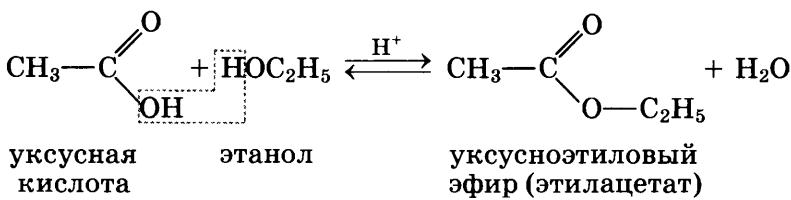


Названия солей составляют из названий остатка  $\text{RCOO}^-$  (карбоксилат-иона) и металла. Например,  $\text{CH}_3\text{COONa}$  — ацетат натрия,  $(\text{HCOO})_2\text{Ca}$  — формиат кальция,  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK}$  — стеарат калия и т.п.

Более сильные кислоты способны вытеснять карбоновые кислоты из их солей:



## 2. Образование сложных эфиров R—COOR':

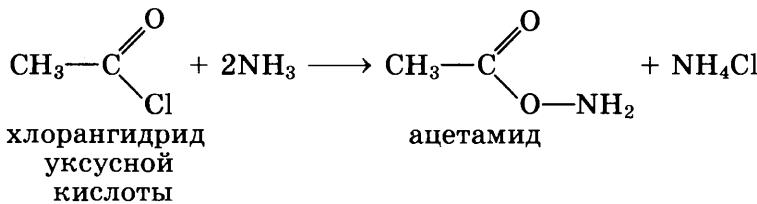


Реакция образования сложного эфира из кислоты и спирта называется реакцией *этерификации* (от лат. *ether* — эфир).

## 3. Образование амидов:



Вместо карбоновых кислот чаще используют их галогенангидриды:

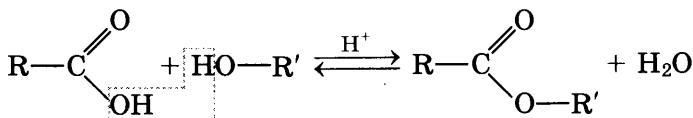


Амиды образуются также при взаимодействии карбоновых кислот (их галогенангидридов или ангидридов) с органическими производными амиака (аминами):

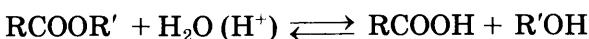


**Сложные эфиры карбоновых кислот** — соединения с общей формулой R—COOR', где R и R' — углеводородные радикалы.

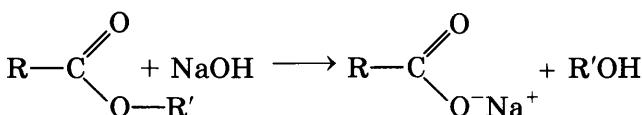
Сложные эфиры могут быть получены при взаимодействии карбоновых кислот со спиртами (*реакция этерификации*). Катализаторами являются минеральные кислоты.



Реакция этерификации в условиях кислотного катализа обратима. Обратный процесс — расщепление сложного эфира при действии воды с образованием карбоновой кислоты и спирта — называют *гидролизом сложного эфира*.



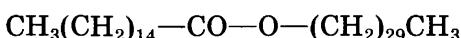
Гидролиз в присутствии щелочи протекает необратимо (так как образующийся отрицательно заряженный карбоксилат-анион  $\text{RCOO}^-$  не вступает в реакцию с нуклеофильным реагентом — спиртом).



Эта реакция называется *омылением сложных эфиров* (по аналогии со щелочным гидролизом сложноэфирных связей в жирах при получении мыла).

Краткие названия сложных эфиров строятся по названию радикала ( $\text{R}'$ ) в остатке спирта и названию группы  $\text{RCOO}$  в остатке кислоты. Например, этиловый эфир уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  называется *этилацетат*.

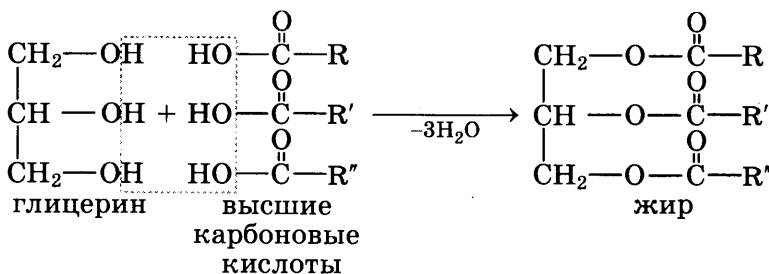
Эфиры низших карбоновых кислот и низших одноатомных спиртов имеют приятный запах цветов, ягод и фруктов. Эфиры высших одноосновных кислот и высших одноатомных спиртов — основа природных восков. Например, пчелиный воск содержит сложный эфир пальмитиновой кислоты и мирициллового спирта (мирицилпальмитат):



## Биологически важные вещества (жиры, углеводы)

### Жиры

**Жиры** — сложные эфиры глицерина и высших одноосновных карбоновых кислот.



Общее название таких соединений — *триглицериды* или *триацилглицерины*, где ацил — остаток карбоновой кислоты  $\text{C}(\text{O})\text{R}$ .

В состав природных триглицеридов входят остатки насыщенных (предельных) кислот (пальмитиновой  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ , стеариновой  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$  и др.) и ненасыщенных (непредельных) кислот (олеиновой  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ , линолевой  $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$ , линоленовой  $\text{C}_{15}\text{H}_{29}\text{COOH}$  и др.).

Жиры содержатся во всех растениях и животных. Они представляют собой смеси полных сложных эфиров глицерина и не имеют четко выраженной температуры плавления.

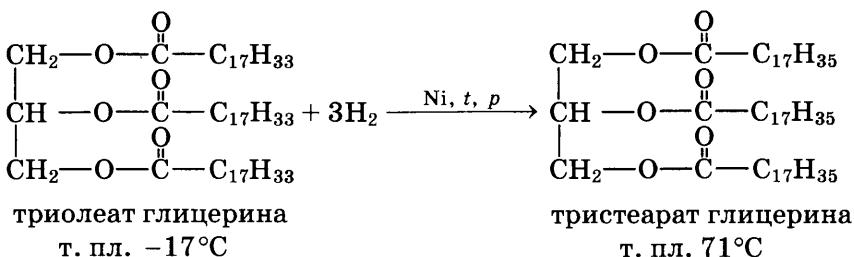
**Физические свойства жиров.** *Животные жиры* (бараний, свиной, говяжий и т.п.), как правило, являются твердыми веществами с невысокой температурой плавления (исключение — жидкий рыбий жир).

В твердых жирах преобладают остатки *насыщенных* кислот.

*Растительные жиры* — *масла* (подсолнечное, соевое, хлопковое и др.) — жидкости (исключение — кокосовое масло, масло какао-бобов).

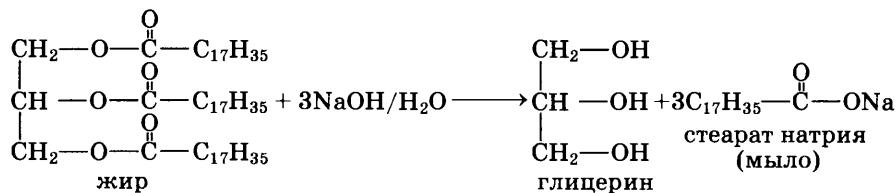
Масла содержат в основном остатки *ненасыщенных* (*непредельных*) кислот.

Жидкие жиры превращают в твердые путем реакции *гидрогенизации* (гидрирования). При этом водород присоединяется по двойной связи, содержащейся в углеводородном радикале молекул масел.



Продукт гидрогенизации масел — твердый жир (искусственное сало, *саломас*). *Маргарин* — пищевой жир, состоит из смеси гидрогенизованных масел (подсолнечного, кукурузного, хлопкового и др.), животных жиров, молока и вкусовых добавок (соли, сахара, витаминов и др.).

Жирам как сложным эфирам свойственна обратимая реакция *гидролиза*, катализируемая минеральными кислотами. При участии щелочей (или карбонатов щелочных металлов) гидролиз жиров происходит необратимо. Продуктами в этом случае являются *мыла* — соли высших карбоновых кислот и щелочных металлов.



Натриевые соли — твердые мыла, калиевые — жидкое. Реакция щелочного гидролиза жиров, и вообще всех сложных эфиров, называется также *омылением*.

Жиры, содержащие остатки ненасыщенных кислот, способны к *окислению* по связям  $\text{C}=\text{C}$ .

## Углеводы

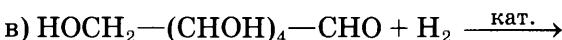
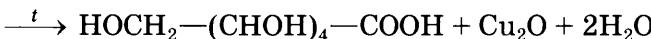
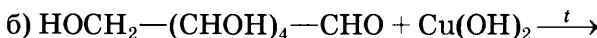
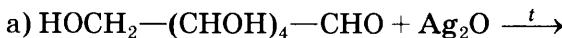
**Углеводы (сахара)** — органические соединения, имеющие сходное строение и свойства, состав большинства которых отражает формула  $C_x(H_2O)_y$ , где  $x, y \geq 3$ .

Общеизвестные представители: глюкоза, или виноградный сахар,  $C_6H_{12}O_6$ , сахароза, или тростниковый, свекловичный сахар,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , крахмал и целлюлоза  $[C_6H_{10}O_5]_n$ .

**Химические свойства моносахаридов** обусловлены наличием в молекуле функциональных групп двух видов: гидроксильных и карбонильных.

Например, глюкоза как многоатомный спирт образует простые и сложные эфиры, комплексное соединение с гидроксидом меди(II) (в щелочной среде).

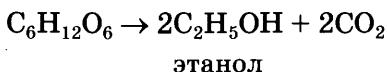
Как альдегид она окисляется аммиачным раствором оксида серебра, гидроксидом меди(II) и водородом:



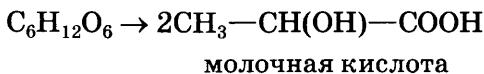
В полуацетальной форме глюкоза способна к нуклеофильному замещению полуацетального гидроксила на группу  $—OR$  (образование *гликозидов, олиго- и полисахаридов*).

Аналогично ведут себя в таких реакциях и другие моносахариды. Важнейшим свойством моносахаридов является их *ферментативное брожение*, т.е. распад молекул на осколки под действием различных ферментов. Брожению подвергаются в основном гексозы в присутствии ферментов, выделяемых дрожжевыми грибками, бактериями или плесневыми грибками. В зависимости от природы действующего фермента различают реакции следующих видов:

а) спиртовое брожение



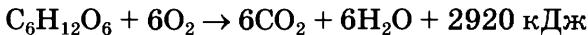
б) молочно-кислое брожение



в) масляно-кислое брожение

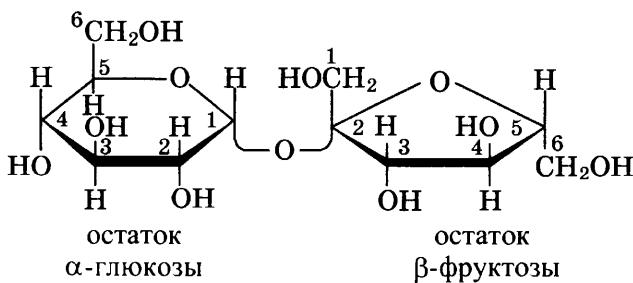


В живом организме в процессе метаболизма глюкоза окисляется с выделением большого количества энергии:



**Дисахариды** — это углеводы, молекулы которых состоят из двух остатков моносахаридов, соединенных друг с другом за счет взаимодействия гидроксильных групп (двух полуацетальных или одной полуацетальной и одной спиртовой). Связи, соединяющие моносахаридные остатки, называются **гликозидными**.

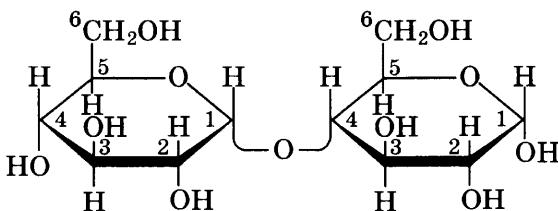
Примером наиболее распространенных в природе дисахаридов является сахароза. Молекула сахарозы состоит из остатков глюкозы и фруктозы, соединенных друг с другом за счет взаимодействия полуацетальных гидроксилов ( $1 \rightarrow 2$ )-гликозидной связью:



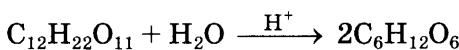
**Физические свойства.** Сахароза — бесцветное кристаллическое вещество, очень хорошо растворимое в воде, сладкое на вкус.

Сахароза, находясь в растворе, не вступает в реакцию «серебряного зеркала», так как не способна превращаться в открытую форму, содержащую альдегидную группу. Подобные дисахариды не способны окисляться (т.е. быть восстановителями) и называются *невосстанавливущими* сахарами.

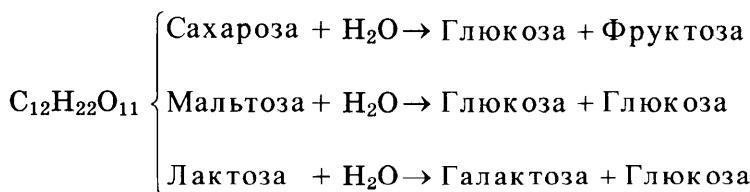
Существуют дисахариды, в молекулах которых имеется свободный полуацетальный гидроксил, в водных растворах таких сахаров существует равновесие между открытой и циклической формами молекул. Эти дисахариды легко окисляются, т.е. являются *восстанавливающими*, например, мальтоза. В мальтозе остатки глюкозы соединены (1→4)-гликозидной связью.



Для дисахаридов характерна *реакция гидролиза* (в кислой среде или под действием ферментов), в результате которой образуются моносахариды:



При гидролизе различные дисахариды расщепляются на составляющие их моносахариды за счет разрыва гликозидных связей между ними:

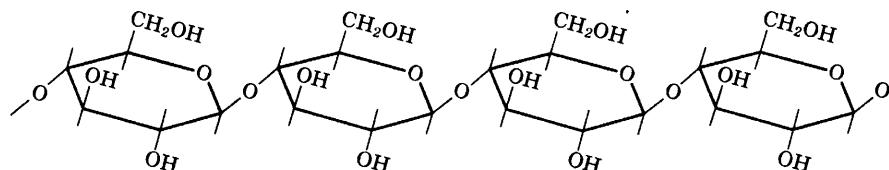


Таким образом, реакция гидролиза дисахаридов является обратной процессу их образования из моносахаридов.

Являясь многоатомным спиртом, сахароза дает синее окрашивание раствора при реакции с  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ .

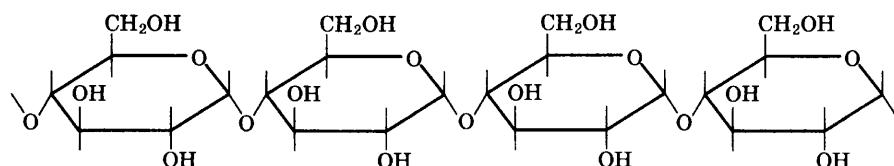
## Полисахариды

**Целлюлоза** — полимер  $(C_6H_{10}O_5)_n$  с элементарным звеном, представляющим собой остаток  $\beta$ -глюкозы



Молекулы целлюлозы имеют линейное строение и большую молекулярную массу. Между молекулами существуют прочные водородные связи. Целлюлоза нерастворима в воде и других растворителях.

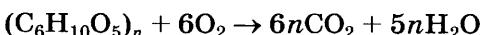
**Крахмал** — полимер такого же состава, что и целлюлоза, но с элементарным звеном, представляющим собой остаток  $\alpha$ -глюкозы



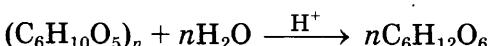
Молекулы крахмала свернуты в спираль, большая часть молекул разветвлена. Молекулярная масса крахмала меньше молекулярной массы целлюлозы. Крахмал — аморфное вещество, нерастворимое в холодной воде, но частично растворимое в горячей.

### *Химические свойства крахмала и целлюлозы*

1. Горение (практическое значение имеет для целлюлозы):



2. Гидролиз:



При гидролизе крахмала образуется  $\alpha$ -глюкоза, а при гидролизе целлюлозы —  $\beta$ -глюкоза.

- Качественная реакция на крахмал: с йодом возникает синее окрашивание.
  - Термическое разложение целлюлозы без доступа воздуха приводит к образованию метанола, уксусной кислоты, ацетона и др. продуктов.
- С уксусной и азотной кислотой целлюлоза образует сложные эфиры  $[C_6H_7O_2(ONO_2)_3]_n$  и  $[C_6H_7O_2(OSOCH_3)_3]_n$ .

### Характерные химические свойства азотсодержащих органических соединений

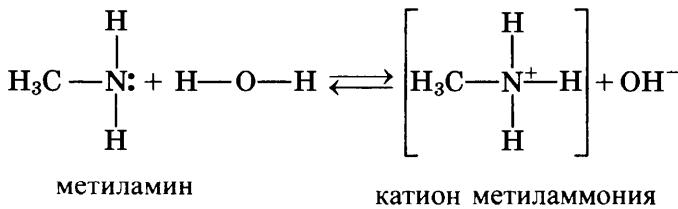
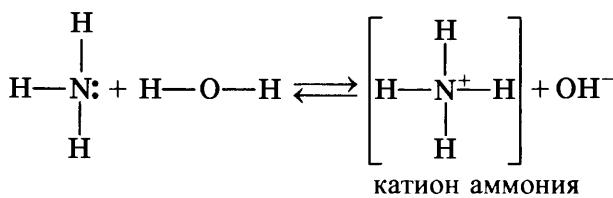
**Амины** — органические производные аммиака  $NH_3$ , в молекуле которого один, два или три атома водорода замещены на углеводородные радикалы:



#### 1. Основность аминов

Для аминов характерны ярко выраженные основные свойства (за что их часто называют органическими основаниями).

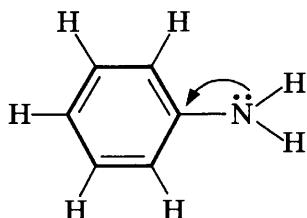
Водные растворы алифатических аминов проявляют щелочную реакцию среды, так как амины взаимодействуют с водой аналогично аммиаку:



Связь протона с амином, как и с аммиаком, образуется по донорно-акцепторному механизму за счет неподеленной электронной пары атома азота.

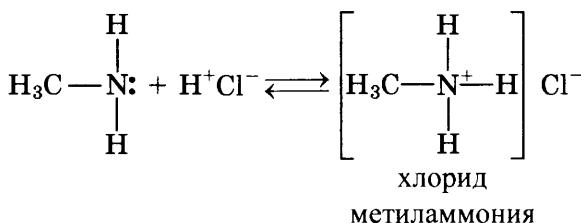
*Алифатические амины* — более сильные основания, чем аммиак, так как алкильные радикалы увеличивают электронную плотность на атоме азота за счет  $+I$ -эффекта. По этой причине электронная пара атома азота удерживается менееочно и легче взаимодействует с протоном.

*Ароматические амины* являются более слабыми основаниями, чем аммиак, поскольку неподеленная электронная пара атома азота смещается в сторону бензольного кольца, вступая в сопряжение с его  $\pi$ -электронами. Например, анилин

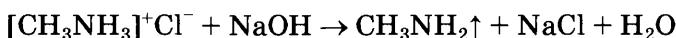


Уменьшение электронной плотности на атоме азота приводит к снижению способности отщеплять протоны от слабых кислот. Поэтому анилин взаимодействует лишь с сильными кислотами ( $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ) и, в отличие от алифатических аминов и аммиака, не образует с водой гидроксида.

## 2. Взаимодействие с кислотами с образованием солей



Соли аминов — твердые вещества, хорошо растворимые в воде. Щелочи (более сильные основания) легко вытесняют из них амины:



Способность к образованию растворимых солей с последующим их разложением под действием оснований часто используют для выделения и очистки аминов, не растворимых в

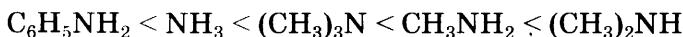
воде. Например, анилин, который практически не растворяется в воде, можно растворить в соляной кислоте и отделить нерастворимые примеси, а затем, добавив раствор щелочи (нейтрализация водного раствора), выделить анилин в свободном состоянии.

На основность аминов влияют различные факторы: электронные эффекты углеводородных радикалов, пространственное экранирование радикалами атома азота, а также способность образующихся ионов к стабилизации за счет взаимодействия с растворителем. В результате  $+I$ -эффекта алкильных групп основность алифатических аминов в газовой фазе (без растворителя) растет в ряду: первичные < вторичные < третичные.

Однако в растворах основные свойства третичных аминов проявляются слабее, чем у вторичных и даже первичных аминов, так как три радикала создают пространственные препятствия для сольватации образующихся аммониевых ионов. По этой же причине основность первичных и вторичных аминов снижается с увеличением размеров и разветвленности радикалов.

Основность ароматических аминов зависит также от характера заместителей в бензольном кольце. Электроноакцепторные заместители ( $-F$ ,  $-Cl$ ,  $-NO_2$  и т.п.) уменьшают основные свойства ариламина по сравнению с анилином, а электронодонорные (алкил,  $-OCH_3$ ,  $-N(CH_3)_2$  и др.), напротив, увеличивают.

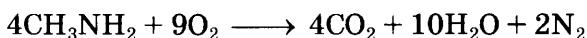
Основность простейших аминов (в растворе) возрастает в ряду:



### 3. Окисление аминов

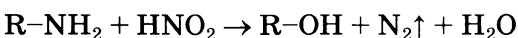
Алифатические амины окисляются под действием сильных окислителей. В отличие от аммиака, низшие газообразные амины способны воспламеняться от открытого пламени.

Реакция горения (полного окисления) аминов на примере метиламина:



Ароматические амины легко окисляются даже кислородом воздуха. Являясь в чистом виде бесцветными веществами, на воздухе они темнеют. Неполное окисление ароматических аминов используется в производстве красителей. Эти реакции обычно очень сложны.

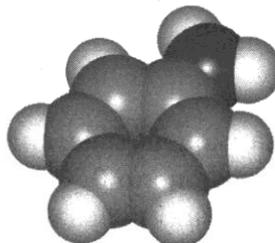
Первичные алифатические амины с  $\text{HNO}_2$  образуют *спирты*. Характерным признаком реакции является выделение азота (дезаминирование аминов):



**Анилин**, или **фениламин**  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$  — важнейший из ароматических аминов:



структурная формула



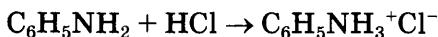
модель молекулы

Анилин представляет собой бесцветную маслянистую жидкость с характерным запахом (т. кип.  $184^\circ\text{C}$ , т. пл.  $-6^\circ\text{C}$ ). На воздухе быстро окисляется и приобретает красно-бурую окраску. Ядовит.

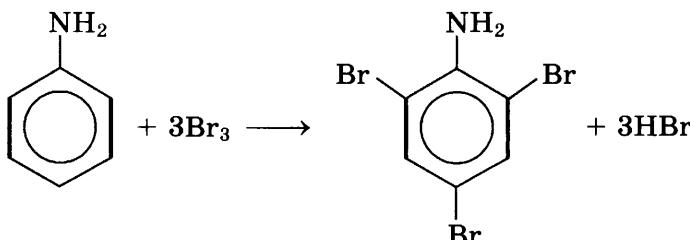
Для анилина характерны реакции как по аминогруппе, так и по бензольному кольцу. Особенности этих реакций обусловлены *взаимным влиянием атомов*. С одной стороны, бензольное кольцо ослабляет основные свойства аминогруппы по сравнению с алифатическими аминами и даже с аммиаком. С другой стороны, под влиянием аминогруппы бензольное кольцо становится более активным в реакциях замещения, чем бензол.

Такое взаимное влияние атомов в молекуле анилина объясняется сопряжением  $\pi$ -электронов бензольного кольца с неподеленной электронной парой атома азота.

## 1. Взаимодействие с кислотами

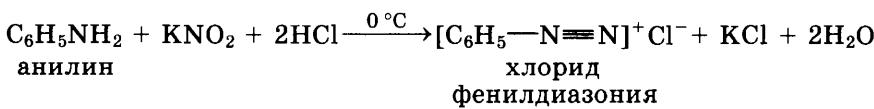


2. Взаимодействие с бромной водой с образованием **2,4,6-триброманилина** (белый осадок). Эта реакция может использоваться для качественного и количественного определения анилина:

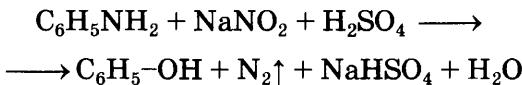


2, 4, 6-триброманилин

3. Взаимодействие анилина с *азотистой кислотой* (при температуре около 0 °C). В результате этой реакции (*реакции diaзотирования*) образуются соли диазония, которые используются в синтезе азокрасителей и ряда других соединений.

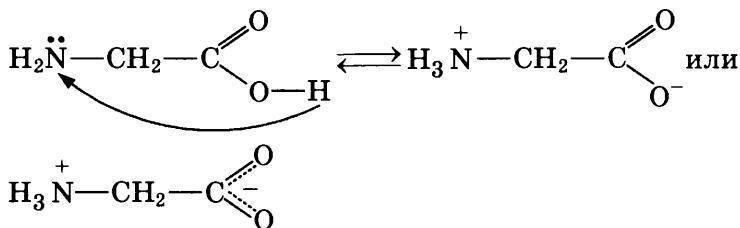


4. При более высокой температуре реакция идет с выделением азота и анилин превращается в фенол:



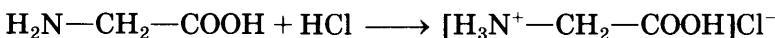
## Свойства аминокислот

**Физические свойства.** Аминокислоты — твердые кристаллические вещества с высокой температурой плавления. Хорошо растворимы в воде, водные растворы электропроводны. Эти свойства объясняются тем, что молекулы аминокислот существуют в виде внутренних солей, которые образуются за счет переноса протона от карбоксила к аминогруппе:



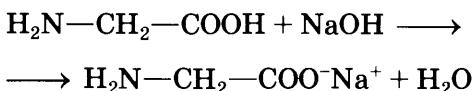
**Химические свойства.** Аминокислоты проявляют свойства оснований за счет аминогруппы и свойства кислот, т.е. являются амфотерными соединениями.

1. Подобно аминам, они реагируют с кислотами с образованием солей аммония:

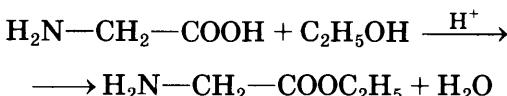


2. Как карбоновые кислоты они образуют функциональные производные:

а) соли



б) сложные эфиры

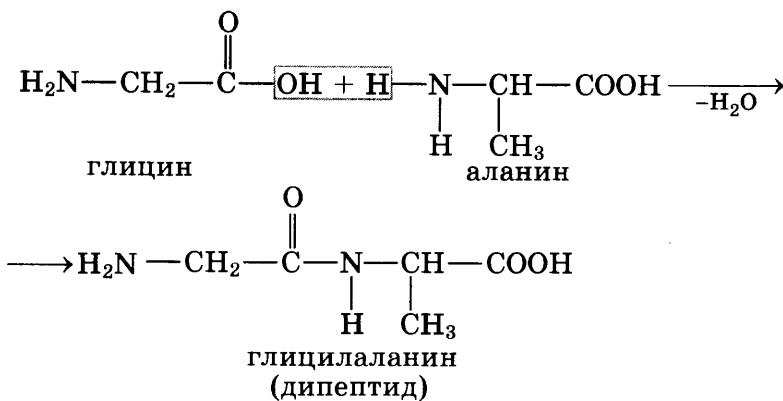


3. Возможно взаимодействие амино- и карбоксильной групп как внутри одной молекулы (внутримолекулярная реакция), так и принадлежащих разным молекулам (межмолекулярная реакция).

Практическое значение имеет внутримолекулярное взаимодействие функциональных групп  $\epsilon$ -аминокапроновой кислоты, в результате которого образуется  $\epsilon$ -капролактам (половинный продукт для получения капрона):



4. Межмолекулярное взаимодействие  $\alpha$ -аминокислот приводит к образованию *пептидов*. При взаимодействии двух  $\alpha$ -аминокислот образуется *дипептид*.



Межмолекулярная реакция с участием трех  $\alpha$ -аминокислот приводит к образованию *трипептида* и т.д.

Фрагменты молекул аминокислот, образующие пептидную цепь, называются аминокислотными остатками, а связь  $\text{CO}-\text{NH}$ -*пептидной связью*.

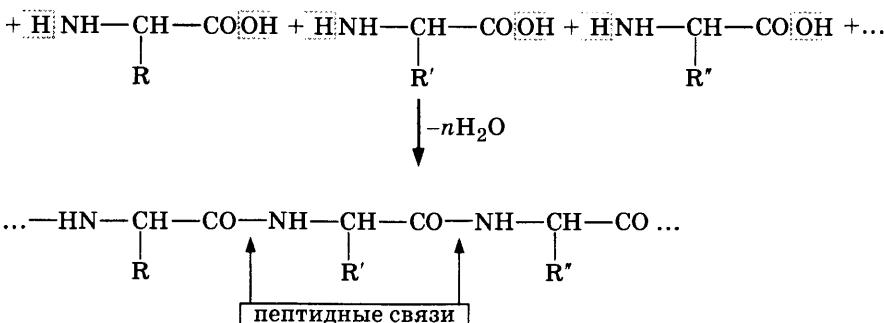
Важнейшие природные полимеры — белки относятся к полипептидам, т. е. представляют собой продукт поликонденсации  $\alpha$ -аминокислот.

## Биологически важные вещества

### Белки

**Белки** (полипептиды) — биополимеры, построенные из остатков  $\alpha$ -аминокислот, соединенных *пептидными* (амидными) связями.

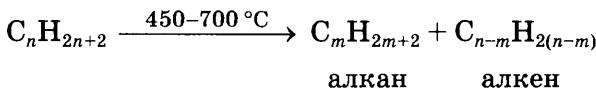
Формально образование белковой макромолекулы можно представить как реакцию поликонденсации  $\alpha$ -аминокислот:



## Основные способы получения углеводородов

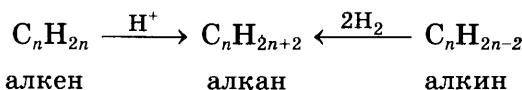
### Получение алканов

#### 1. Крекинг нефти (промышленный способ)

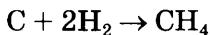


При крекинге алканы получаются вместе с непредельными соединениями (алкенами). Этот способ важен тем, что при разрыве молекул высших алканов получается очень ценное сырье для органического синтеза: пропан, бутан, изобутан, изопентан и др.

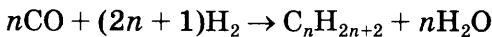
#### 2. Гидрирование непредельных углеводородов:



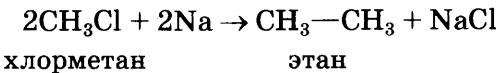
#### 3. Газификация твердого топлива (при повышенной температуре и давлении, катализатор Ni):



#### 4. Из синтез-газа ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) получают смесь алканов:

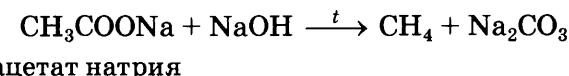


5. Синтез более сложных алканов из галогенопроизводных с меньшим числом атомов углерода (реакция Вюрца):

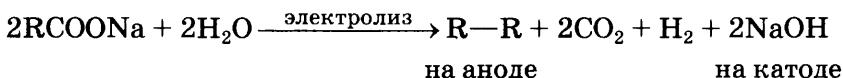


6. Из солей карбоновых кислот:

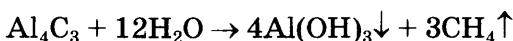
а) сплавление со щелочью (реакция Дюма):



б) электролиз по Кольбе



7. Разложение карбидов металлов водой:

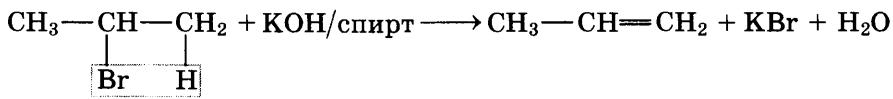


### Получение алкенов

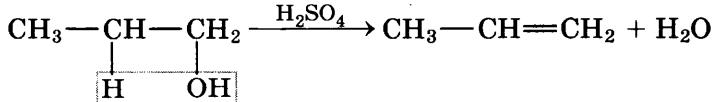
1. Крекинг алканов:  $\text{C}_7\text{H}_{16} \rightarrow \text{CH}_3\text{---CH=CH}_2 + \text{C}_4\text{H}_{10}$

2. Отщепление двух атомов или групп атомов от соседних атомов углерода с образованием между ними  $\pi$ -связи.

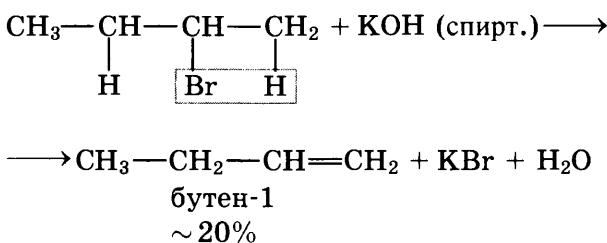
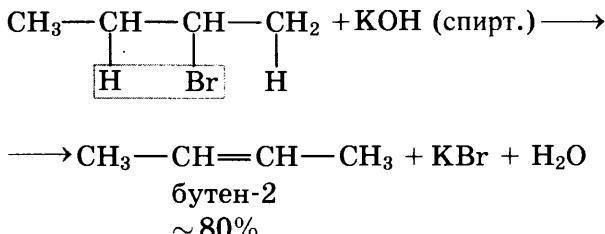
а) дегидрогалогенирование галогеналканов при действии спиртового раствора щелочи:



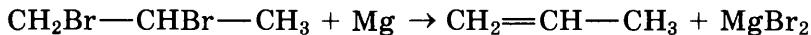
б) дегидратация спиртов при повышенной температуре (выше 140 °C) в присутствии водоотнимающих реагентов:



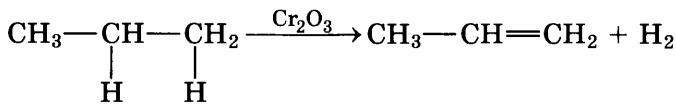
Реакции отщепления идут в соответствии с **правилом Зайцева**: отщепление атома водорода в реакциях дегидрогалогенирования и дегидратации происходит преимущественно от наименее гидрогенизированного атома углерода.



в) дегалогенирование дигалогеналканов, имеющих атомы галогена у соседних атомов углерода, при действии активных металлов:

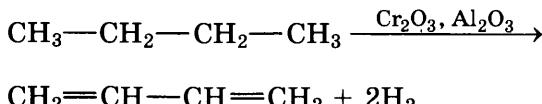


г) дегидрирование алканов при 500 °С:

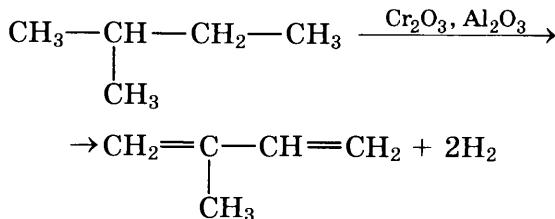


### Получение диенов

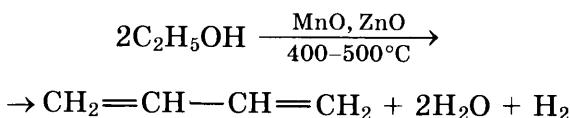
1. Каталитическое двухстадийное дегидрирование алканов (через стадию образования алкенов). Этим путем получают в промышленности дивинил из бутана, содержащегося в газах нефтепереработки и в попутных газах:



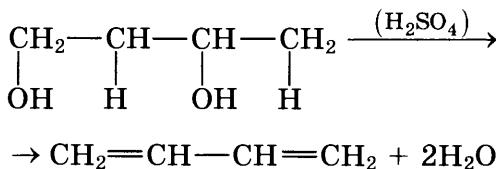
Каталитическим дегидрированием изопентана (2-метилбутана) получают изопрен:



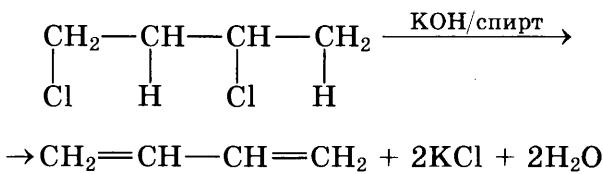
2. Синтез дивинила по Лебедеву:



3. Дегидратация гликолей (двуатомных спиртов, или алкандиолов):



4. Действие спиртового раствора щелочи на дигалогеналканы (дегидрогалогенирование):



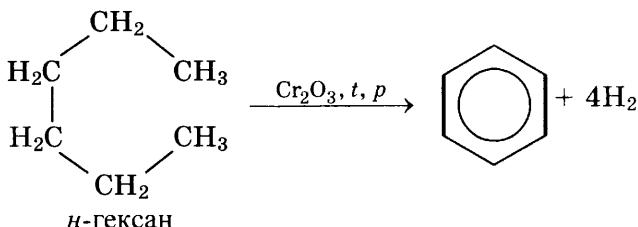
### Получение аренов

Основными природными источниками ароматических углеводородов являются каменный уголь и нефть.

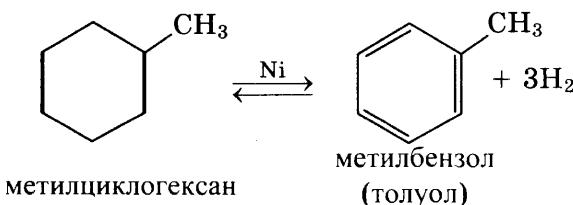
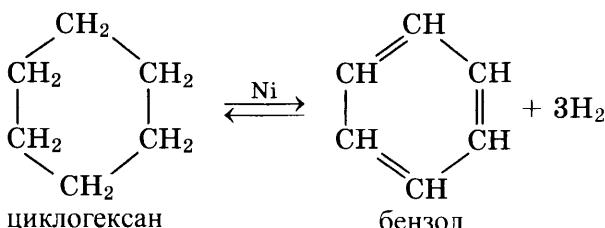
При коксации каменного угля образуется каменноугольная смола, из которой выделяют бензол, толуол, ксилоны, нафталин и многие другие органические соединения.

## Ароматизация нефти:

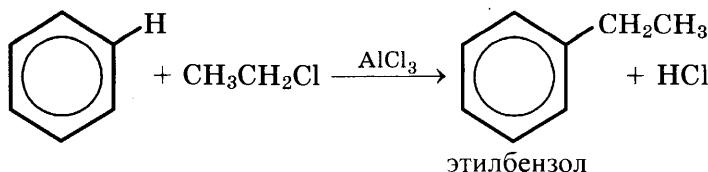
а) дегидроциклизация (дегидрирование и циклизация) алканов, содержащих в основной цепи не менее 6 атомов углерода, при нагревании в присутствии катализатора



б) дегидрирование циклоалканов, содержащих в цикле 6 углеродных атомов.



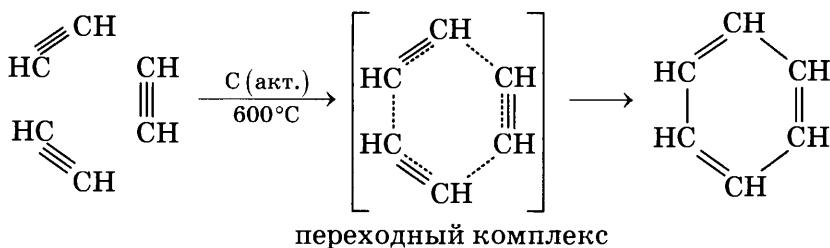
Алкилирование бензола галогеналканами или алкенами в присутствии безводного хлорида алюминия:



При дегидрировании этилбензола образуется производное бензола с непредельной боковой цепью — винилбензол (*сти*-

рол)  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$  (исходное вещество для получения ценного полимера *полистирола*).

Тримеризация алкинов над активированным углем (реакция Зелинского):

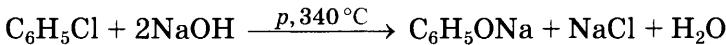
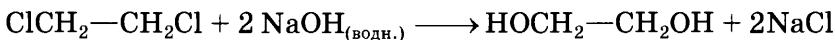
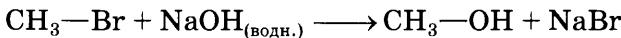


Реакции получения аренов указывают на взаимосвязь между различными группами углеводородов и на возможность их превращения друг в друга.

## Основные способы получения кислородсодержащих веществ

### Получение спиртов и фенолов

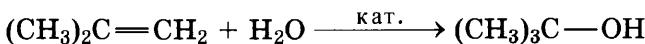
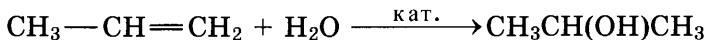
1. Щелочной гидролиз галогеноуглеводородов:



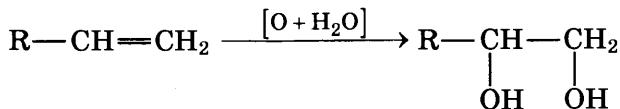
2. Гидратация алкенов:



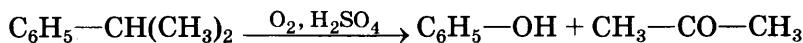
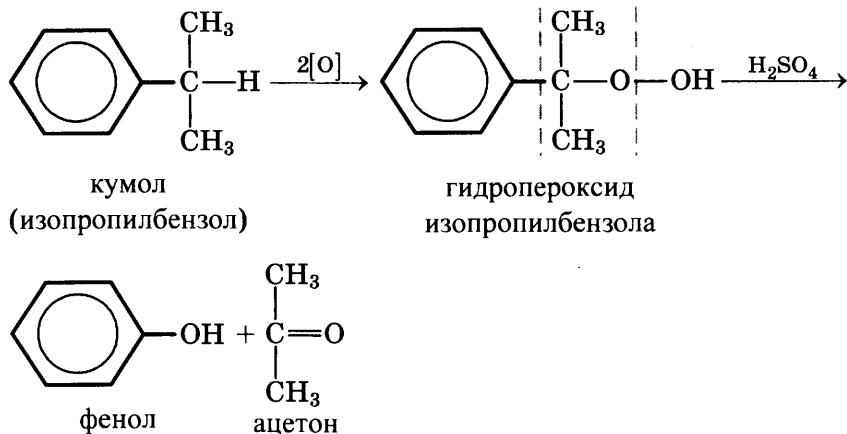
Присоединение воды к несимметричным алкенам идет по правилу В.В. Марковникова с образованием вторичных и третичных спиртов:



3. Гликоли получают окислением алканов щелочным раствором  $\text{KMnO}_4$ :



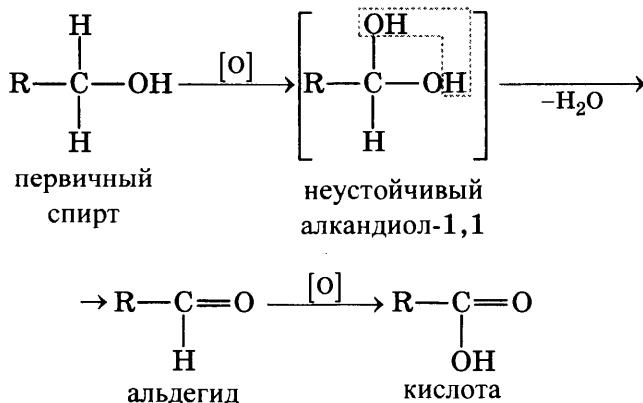
4. Кумольный способ получения фенола.



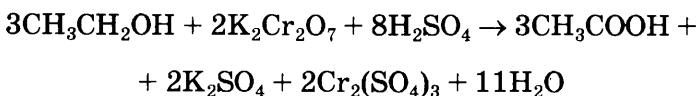
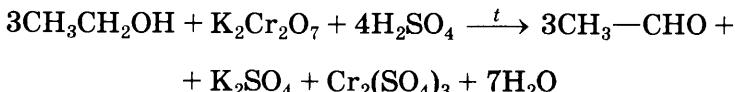
### Получение альдегидов и кетонов

#### 1) Окисление спиртов

Первичные спирты при окислении образуют альдегиды, которые затем легко окисляются до карбоновых кислот.

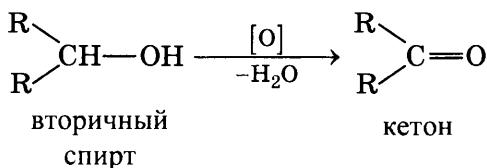


Например:

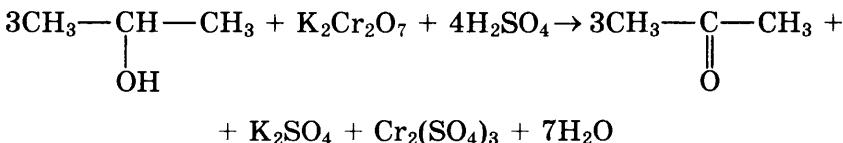


Чтобы предотвратить превращение альдегида в кислоту, его отгоняют в ходе реакции (температура кипения альдегида, не образующего межмолекулярные водородные связи, ниже температуры кипения спирта и кислоты).

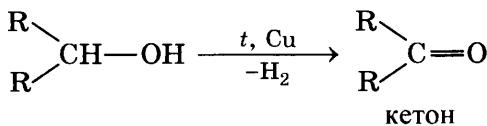
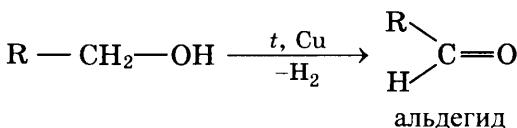
При окислении вторичных спиртов образуются кетоны.



Например:



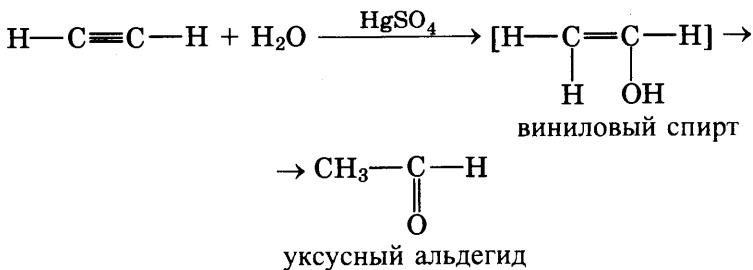
В промышленности альдегиды и кетоны получают *дегидрированием* спиртов, пропуская пары спирта над нагретым катализатором (Cu, соединения Ag, Cr или Zn).



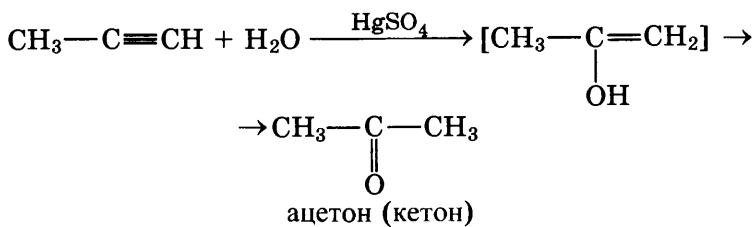
Этот способ позволяет получать карбонильные соединения, в особенности альдегиды, без побочных продуктов окисления.

### 2) Гидратация алкинов (реакция Кучерова)

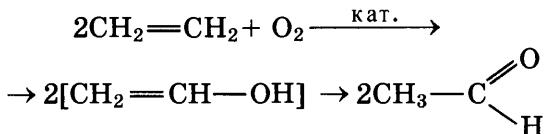
Присоединение воды к ацетилену в присутствии солей ртути(II) приводит к образованию ацетальдегида:



Кетоны получают при гидратации других гомологов ряда алкинов:

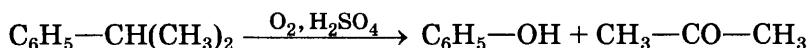


### 3) Окисление алkenov (катализаторы — хлориды Pd и Cu)



Этот способ более перспективен, чем гидратация алкинов, при которой используются токсичные ртутные катализаторы.

Кумольный способ получения ацетона (наряду с фенолом).

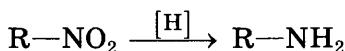


## **Основные способы получения азотсодержащих веществ**

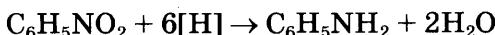
### **Получение аминов**

В аминах атом азота находится в низшей степени окисления, поэтому многие способы их получения основаны на процессах восстановления азотсодержащих соединений других классов (нитропроизводных углеводородов, амидов, нитрилов).

Наиболее общим методом получения первичных аминов является восстановление нитросоединений:

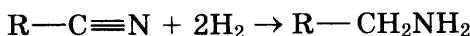


Важнейший ароматический амин — **анилин** — образуется при восстановлении нитробензола (восстановители — водород в присутствии металлических катализаторов, Fe + HCl, сульфиды):



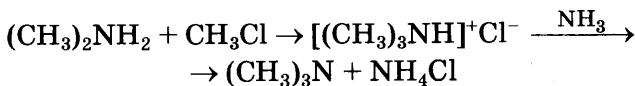
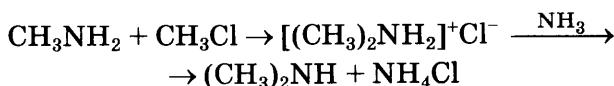
Эта реакция носит имя русского химика Н.Н. Зинина, осуществившего ее впервые в 1842 г.

Восстановление нитрилов (на Pt кат.) с образованием первичных аминов:



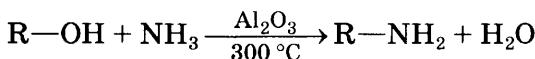
Получение аминов путем введения алкильных групп в молекулы аммиака и аминов (*реакции алкилирования*).

При нагревании галогеналканов с аммиаком образуется смесь первичных, вторичных и третичных аминов.

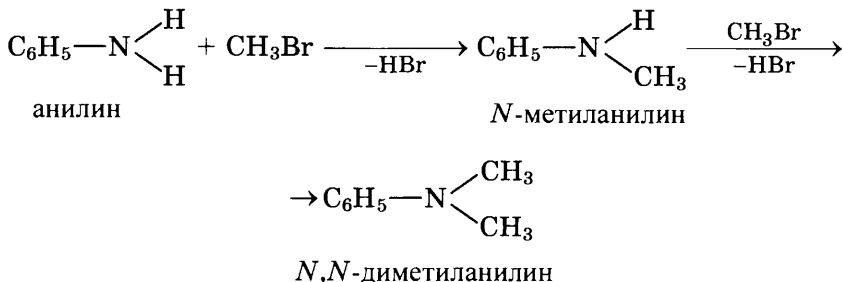


В основе этих превращений лежит реакция нуклеофильного замещения галогена в галогеналканах. Роль нуклеофила играют молекулы аммиака и аминов, имеющие неподеленную пару электронов на атоме азота.

В промышленности алкилирование аммиака в большинстве случаев проводится не галогеналканами, а спиртами, в молекулах которых происходит нуклеофильное замещение OH-группы на аминогруппу.

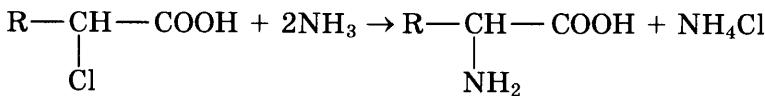


Действием галогеналканов на первичные алифатические и ароматические амины получают вторичные и третичные амины, в том числе смешанные.

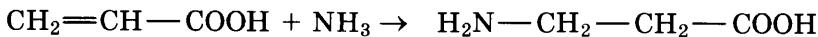


### Получение аминокислот

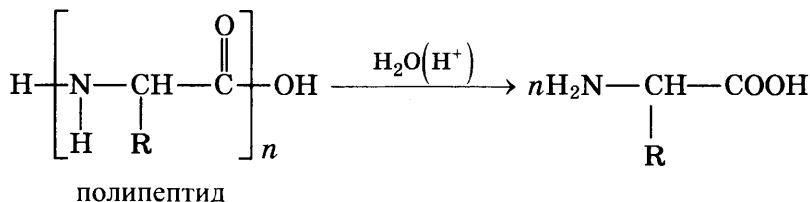
1. Замещение галогена на аминогруппу в соответствующих галогензамещенных кислотах:



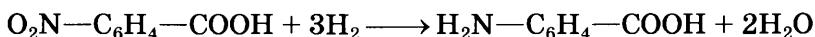
2. Присоединение аммиака к  $\alpha$ ,  $\beta$ -непредельным кислотам с образованием  $\beta$ -аминокислот:



3.  $\alpha$ -Аминокислоты образуются при гидролизе пептидов и белков.



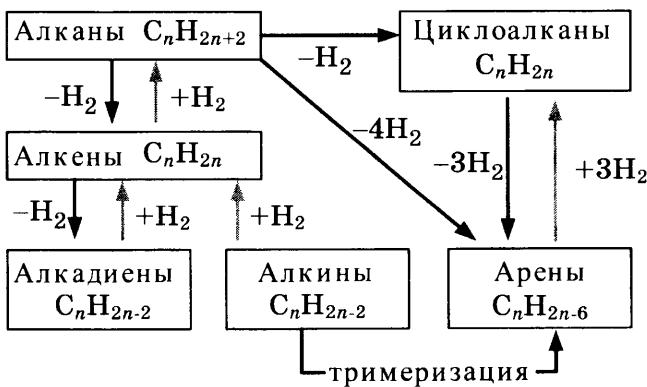
4. Восстановление нитрозамещенных карбоновых кислот (применяется обычно для получения ароматических аминокислот):



### **Взаимосвязь органических соединений**

Изучение строения, химических свойств и способов получения углеводородов различных групп показывает, что все они **генетически связаны** между собой, т.е. возможны превращения одних углеводородов в другие.

*Схема 6*



Это позволяет осуществлять целенаправленный синтез заданных соединений, используя ряд необходимых химических реакций (цепь превращений).

### **3.2. Задания с комментариями и решениями**

**Задание 1.** Соединения, общая формула которых  $C_nH_{2n}O_2$ , принадлежат к

- 1) простым эфирам и жирам
- 2) карбоновым кислотам и многоатомным спиртам
- 3) карбоновым кислотам и сложным эфирам
- 4) сложным эфирам и многоатомным спиртам

Основанием для выбора правильного ответа является знание того, что одним из признаков классификации органических веществ является их состав, а также наличие тех или иных функциональных групп и химическое строение, т.е. порядок расположения и вид связи атомов в молекулах. Химическое строение позволяет отнести соединение с общей формулой  $C_nH_{2n}O_2$  к двум классам: карбоновым кислотам и сложным эфирам.

*Ответ:* 3

**Задание 2.** В перечне веществ к классу кислот относятся:

- 1) HCHO
- 2)  $CH_2C—COOH$
- 3)  $CH_3—COOH$
- 4)  $C_2H_5COO—CH_3$
- 5)  $CF_3(CH_2)_2COOH$
- 6)  $CH_3OH$

*Ответ:*

--	--	--

Функциональной группой органических кислот является карбоксильная группа — COOH. Поэтому при анализе вариантов ответа необходимо обращать внимание прежде всего на наличие данной группы в составе веществ.

Карбоксильную группу содержат вещества 235.

*Ответ:* 235

**Задание 3.** Установите соответствие между названием органического соединения и классом, к которому оно принадлежит.

НАЗВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ	КЛАСС ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
A) диметилбензол	1) сложные эфиры
Б) гексанол-3	2) углеводороды
В) метилформиат	3) спирты
Г) стирол	4) карбоновые кислоты
	5) аминокислоты
	6) простые эфиры

A	B	V	G

Выполнение задания потребует знания номенклатуры органических соединений, причем как систематической, так и тривиальной. Диметилбензол (A) является производным бензола, а значит, относится к классу углеводородов (2). Суффикс -ол в названии гексанол-3 позволяет отнести это вещество к классу спиртов (Б соответствует 3). Анализируя следующее название, вспоминаем, что формиатом называется остаток муравьиной (метановой кислоты), он связан с метильным радикалом, следовательно, вещество принадлежит к классу сложных эфиров (В-3). Последнее название «стирол» — это тривиальное название винилбензола. Это вещество изучалось в теме «высокомолекулярные органические вещества», оно является мономером для производства полистирола. Винилбензол относится к классу углеводородов (Г-2). Вы обратили внимание на то, что диметилбензол (A) и стирол (Г) являются представителями одного класса, то есть в ответе буквам А и Г соответствует цифра 2.

*Ответ: 2312*

**Задание 4.** Установите соответствие между веществом и его принадлежностью к определенному классу органических соединений.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	КЛАСС ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
А) пентанол	1) углеводороды
Б) декан	2) спирты
В) бутаналь	3) амины
Г) пропин	4) альдегиды
	5) эфиры

Для выполнения данного задания следует вспомнить об информации, которую в себе несут суффиксы в названиях веществ. У углеводородов предельного ряда (алканов и циклоалканов) суффикс -ан, у алкинов — -ин. Суффикс -ол в систематической номенклатуре, как правило, свидетельствует о принадлежности вещества к классу спиртов, а суффикс -аль — к классу альдегидов.

В данном задании пентанол  $C_5H_{11}OH$  относится к спиртам, декан  $C_{10}H_{22}$  — к углеводородам, бутаналь  $C_3H_7COH$  — к альдегидам, пропин  $C_3H_4$  — к углеводородам.

*Ответ: 2141*

**Задание 5.** Две  $\pi$ -связи присутствуют в молекуле

- 1) пропина
- 2) бутена-1
- 3) циклобутана
- 4) пропана

Как известно, между двумя соединенными атомами углерода одна из связей всегда является  $\sigma$ -связью. Остальные связи являются  $\pi$ -связями. В веществах 3 и 4, являющихся представителями циклоалканов и алканов, двойных связей нет. В молекуле бутена-1 одна двойная связь между 1 и 2-м атомами углерода. А вот в пропине — представителе алкинов — есть тройная связь, одна из которых является  $\sigma$ -связью, а две другие —  $\pi$ .

*Ответ: 1*

**Задание 6.** Функциональную группу альдегидов содержит молекула

- 1) муравьиной кислоты
- 2) пропанона
- 3) диэтилового эфира
- 4) пропанола-1

Данное задание проверяет знание особенностей строения органических веществ. Важной составляющей этого является знание функциональных групп кислородсодержащих соединений. Среди перечисленных веществ альдегидов нет. Поэтому для ответа на вопрос необходимо составить структурные формулы предложенных веществ.

Муравьиная кислота имеет формулу  $\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$

Пропанон — относится к классу кетонов. Этому классу соответствует общая формула  $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}'$

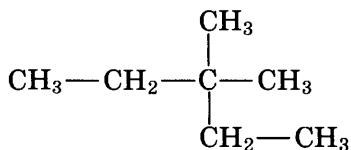


Диэтиловый эфир имеет формулу  $\text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$ , а формула пропанола-1  $\text{C}_3\text{H}_7-\text{OH}$ .

Как видно из формул, альдегидная группа содержится в муравьиной кислоте.

*Ответ: 1*

**Задание 7.** Вещество, структурная формула которого



называется

- 1) *n*-гептан
- 2) 3,3-диметилпентан
- 3) 2-метил-2-этилбутан
- 4) 3-метил-3-этилбутан

Для того чтобы выбрать правильное название вещества, необходимо его составить. Для этого выберем наиболее длин-

ную углеродную цепь: она включает 5 атомов углерода. Следует также заметить, что две группы  $\text{CH}_3$  — (радикал метил) в эту цепь не попали. Соединены они с третьим атомом углерода. То, что метилов два, предполагает добавление к названию метил частицы «ди-». Таким образом, составляем название предложенного вещества: 3,3-диметилпентан.

*Ответ: 2*

**Задание 8.** Для вещества состава  $\text{C}_3\text{H}_8$  характерно(а):

- 1) существование структурных изомеров
- 2) одинарная связь между атомами углерода
- 3)  $sp^2$ -гибридизация орбиталей атомов углерода
- 4) наличие  $\pi$ -связи между атомами углерода

Исходя из состава вещества ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), определяем, что оно относится к предельным углеводородам — алканам. В молекулах алканов все связи одинарные. Из чего следует, что верный ответ 2. Проверим остальные варианты ответа. Тип гибридизации орбиталей атома углерода —  $sp^3$ . Исключить можно и варианты ответов 3 и 4.

Не образует пропан и структурных изомеров, так как другого порядка соединения для трех атомов углерода не существует.

*Ответ: 2*

**Задание 9.** Структурная формула вещества, которое образует *цис*-, *транс*-изомеры

- 1)  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
- 2)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$
- 3)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$
- 4)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$

Геометрическая изомерия — *цис*-, *транс*- характерна для веществ, имеющих в молекуле двойную связь и атомы (группы атомов), которые могут по-разному располагаться относительно плоскости двойной связи.

Первое вещество — бутен-1, с одной стороны молекулы имеет при двойной связи два атома водорода, относительно которых атомы, имеющиеся с другой стороны двойной связи, не могут быть расположены по-разному относительно плоско-

сти двойной связи. Аналогичное строение имеют этилен и пропен. И только у бутена-2 с каждой из сторон двойной связи имеется два радикала  $\text{CH}_3-$  и два атома водорода, что предполагает возможность их расположения как по одну (цис-), так и по разные стороны (транс-) относительно плоскости двойной связи.

*Ответ: 2*

**Задание 10.** Углеводороды ряда этилена будут реагировать с каждым из двух веществ:

- 1)  $\text{HCl}$  и  $\text{C}_3\text{H}_8$
- 2)  $\text{KMnO}_4$  и  $\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{C}_6\text{H}_6$  и  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$
- 4)  $\text{HCHO}$  и  $\text{CH}_4$
- 5)  $\text{H}_2$  и  $\text{HBr}$
- 6)  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{O}_2$

Основным типом реакций для гомологического ряда этилена (алкенов) являются реакции присоединения, которые могут протекать с водородом, галогенами, галогеноводородами. Алкены могут вступать и в окислительно-восстановительные реакции с кислородом и перманганатом калия. Таким образом, проанализировав предложенные варианты ответов, выбираем пары веществ 2, 5 и 6.

*Ответ: 256*

**Задание 12.** По ионному механизму протекают реакции, уравнения которых:

- 1)  $n\text{CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow (\text{---CH}_2-\text{CH}_2\text{---})_n$
- 2)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{Cl}$
- 3)  $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CBr}}-\text{CH}_3$
- 4)  $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$
- 5)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CHBr}-\text{CH}_3$
- 6)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

Как вам известно из курса неорганической химии, образование ионов возможно при разрыве связи в галогеноводородах. Это в свою очередь вызовет протекание реакции присое-

динения по ионному механизму с разрывом  $\pi$ -связи. Именно по ионному механизму реакций протекают взаимодействия между веществами в соответствии с правилом Марковникова. Остальные реакции (полимеризации, с хлором и водородом) протекают по радикальному механизму.

*Ответ: 235*

**Задание 13.** Верны ли следующие суждения о свойствах спиртов?

А. Между молекулами спиртов образуются водородные связи.

Б. В реакции этанола с натрием выделяется водород.

1) верно только А

2) верно только Б

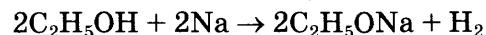
3) верны оба суждения

4) оба суждения неверны

Проанализируем первое суждение. Как известно, водородные связи образуются между атомом водорода и сильно электроотрицательным атомом (O, N, F). Между молекулами спиртов действительно могут образовываться водородные связи. Суждение верное.

Спирты обладают слабыми кислотными свойствами, поэтому могут вступать в реакцию с активными металлами, например, с натрием.

Составим уравнение реакции:



Суждение верное.

*Ответ: 3*

**Задание 14.** Пропионовый альдегид взаимодействует с веществами:

1) хлор

2) метанол

3) толуол

4) оксид серебра ( $\text{NH}_3$  р-р)

5) метан

6) оксид магния

Альдегиды — вещества, которые могут проявлять как свойства окислителя, так и восстановителя. Хлор является

сильным окислителем, поэтому реакция с пропионовым альдегидом возможна. Окислительными свойствами обладает и оксид серебра, который в виде аммиачного комплекса взаимодействует с альдегидом с образованием простого вещества серебра и аммонийной соли карбоновой кислоты.

Кроме того, альдегиды могут вступать в реакции присоединения со спиртами, образуя ацетали и полуацетали.

Углеводороды — метан и толуол в реакцию с альдегидами не вступают, так же как и основный оксид магния.

*Ответ: 124*

**Задание 15.** 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

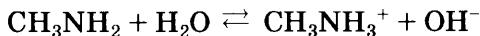
При ответе учтем, что при гидролизе сложного эфира образуются лишь карбоновая кислота и спирт. Никаких простых эфиров, альдегидов или углеводородов при этом не образуется. Следует также сосчитать число атомов углерода в молекуле эфира — оно должно равняться суммарному числу атомов в молекулах кислоты и спирта. С учетом этого правильный ответ 145.

*Ответ: 145*

**Задание 16.** В водном растворе метиламина среда раствора

- |                |                |
|----------------|----------------|
| 1) кислая      | 3) щелочная    |
| 2) нейтральная | 4) слабокислая |

Амины — производные амиака, и их взаимодействие с водой протекает по аналогии с известной вам реакцией взаимодействия между амиаком и водой:



Среда водного раствора метиламина — щелочная.

*Ответ: 3*

### **Задание 17. Какие из следующих утверждений верны?**

- А. Анилин легче реагирует с бромом, чем бензол.  
Б. Анилин является более сильным основанием, чем аммиак.

- 1) верно только А                    3) верны оба утверждения  
2) верно только Б                    4) оба утверждения неверны

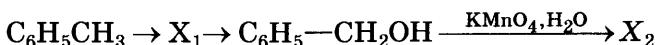
Это задание проверяет не столько знание конкретных свойств анилина, сколько знание взаимного влияния атомов в молекулах органических веществ.

Аминогруппа влияет на бензольное кольцо, увеличивая подвижность атомов водорода в положениях 2, 4 и 6. В результате эти атомы водорода легко замещаются на атомы брома даже под действием бромной воды. Аналогичная реакция с бензолом протекает только с участием брома и в жестких условиях. Вывод: первое утверждение верно.

Бензольное кольцо уменьшает электронную плотность на аминогруппе, что приводит к резкому снижению основности анилина — его основность существенно меньше, чем у аммиака. Вывод: второе утверждение неверно.

*Ответ: 1*

### **Задание 18. В схеме превращений**



веществом  $X_1$  и  $X_2$  является

- 1)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$   
2)  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2\text{Cl}$   
3)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$   
4)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$   
5)  $\text{C}_6\text{H}_6$

При выполнении данного задания следует исходить как из состава исходного вещества цепочки, так и из конечного вещества в ней. Очевидно, что получить из фенола (вариант ответа 1) бензиловый спирт в одну стадию невозможно.

А вот получить реакцией хлорирования из толуола хлорэтилбензол можно. Осуществимо и следующее превращение: из хлорэтилбензола бензиловый спирт получают реакцией с водным раствором щелочи.

Проверим возможность осуществления предложенных превращений с участием веществ, представленных в вариантах ответа 3 и 4.

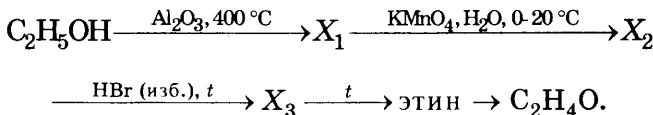
Так, например, хлорбензол не может быть превращен в одну стадию в бензиловый спирт.

Бензойную кислоту можно получить из толуола, например окислением его перманганатом калия, а вот превратить бензойную кислоту в бензиловый спирт (в одну стадию) нельзя. Вместе с тем обратный процесс — получение бензойной кислоты из бензилового спирта в результате окисления перманганатом калия осуществимо.

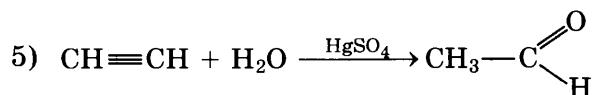
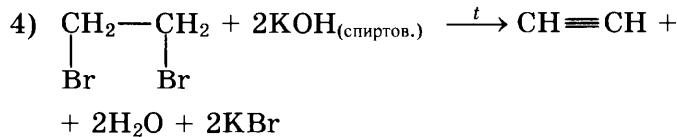
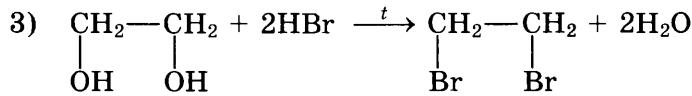
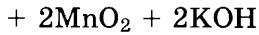
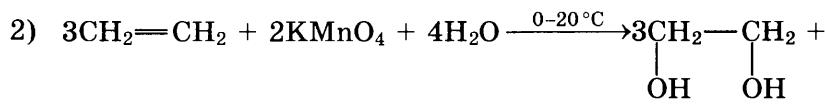
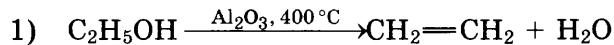
*Ответ: 2*

### Задание 19.

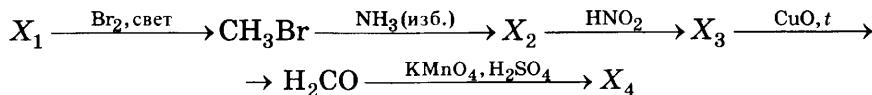
Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Составим уравнения реакций в соответствии с условиями, указанными над стрелками.



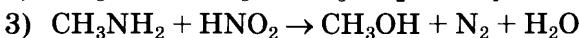
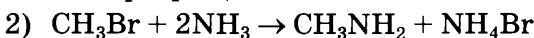
**Задание 20.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



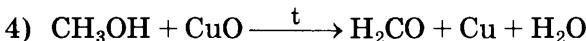
Бромметан реакцией бромирования можно получить из метана.



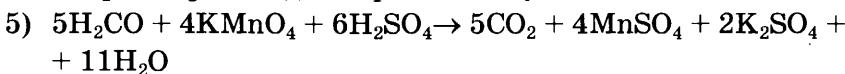
В результате взаимодействия бромметана с аммиаком получается метиламин, который, взаимодействуя с азотистой кислотой, превращается в метанол.



Окисление спиртов оксидом меди(II) приводит к образованию альдегидов, в данном случае формальдегида.



А в результате окисления метаналя перманганатом калия в кислой среде происходит образование углекислого газа.



Обратите внимание, что во всех случаях требуется составить уравнения реакций.

### 3.3. Задания для самостоятельной работы

1. Вещество с молекулярной формулой  $C_4H_8$  может относиться к классам

- 1) алkenов
- 2) алканов
- 3) диенов
- 4) алкинов
- 5) циклоалканов

Ответ:

2. Общая формула алkenов

- 1)  $C_nH_{2n-6}$
- 2)  $C_nH_{2n-2}$
- 3)  $C_nH_{2n}$
- 4)  $C_nH_{2n+2}$

Ответ:

3. К соединениям, имеющим общую формулу  $C_nH_{2n}$ , относятся

- 1) бензол
- 2) циклогексан
- 3) гексан
- 4) гексин
- 5) пропен

Ответ:

4. К простым эфирам относится вещество, формула которого

- 1)  $CH_3COOH$
- 2)  $CH_2OH—CH_2OH$
- 3)  $C_2H_5OC_2H_5$
- 4)  $C_6H_5COOC_2H_5$

Ответ:

5. Функциональную группу альдегидов содержит

- 1) муравьиная кислота
- 2) пропанон
- 3) диэтиловый эфир
- 4) ацетальдегид
- 5) пропанол-1

Ответ: 

--	--

6. Соединения, в состав которых входит функциональная группа —NH<sub>2</sub>, могут относиться к классам

- 1) аминов
- 2) нитросоединений
- 3) карбоновых кислот
- 4) аминокислот
- 5) альдегидов

Ответ: 

--	--

7. Метаналь и формальдегид являются

- 1) гомологами
- 2) структурными изомерами
- 3) геометрическими изомерами
- 4) одним и тем же веществом

Ответ: 

--	--

8. Установите соответствие между названием вещества и его принадлежностью к определенному классу органических соединений.

НАЗВАНИЕ  
ВЕЩЕСТВА

- A) пентанол  
Б) декан  
В) бутаналь  
Г) пропин

КЛАСС ОРГАНИЧЕСКИХ  
СОЕДИНЕНИЙ

- 1) углеводороды  
2) спирты  
3) амины  
4) альдегиды  
5) эфиры  
6) кислота

A	Б	В	Г

9. Установите соответствие между названием соединения и его принадлежностью к определенному классу органических веществ.

НАЗВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ	КЛАСС / ГРУППА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
А) ацетон	1) галогенопроизводные
Б) анилин	углеводородов
В) этилформиат	2) амины
Г) дихлорметан	3) карбонильные соединения
	4) спирты
	5) сложные эфиры
	6) простые эфиры

A	B	V	G

10. Пространственные *цис*-, *транс*-изомеры имеют вещества

- 1) 3-метилгексен-2      4) циклогексан  
2) 2,2-диметилпентан      5) бутин-2  
3) бутен-2

Ответ:

11. Для вещества состава  $C_3H_8$  характерно(а):

- 1) существование структурных изомеров  
2) наличие  $\pi$ -связи между атомами углерода  
3)  $sp^2$ -гибридизация орбиталей атомов углерода  
4) газообразное агрегатное состояние  
5) реакция замещения

Ответ:

12. Структурным изомером нормального гексана является

- 1) 3-этилпентан  
2) 2,3-диметилпентан  
3) 3-метилпентан  
4) 2,2-диметилбутан  
5) 2,2-демитилпропан

Ответ:

**13. Бутаналь и 2-метилпропаналь являются**

- 1) гомологами
- 2) структурными изомерами
- 3) геометрическими изомерами
- 4) одним и тем же веществом

*Ответ:*

**14. Изомерами являются**

- 1) пентан и пентадиен-1,3
- 2) уксусная кислота и метилформиат
- 3) этан и ацетилен
- 4) этиловый спирт и этаналь
- 5) метилцикlobутан и пентен-1

*Ответ:*

**15. Гомологами являются**

- 1) этен и метан
- 2) пропан и бутан
- 3) бензол и циклогексан
- 4) формальдегид и этаналь
- 5) этин и пропадиен

*Ответ:*

**16. Гомологом уксусной кислоты являются кислоты**

- 1) хлоруксусная
- 2) муравьиная
- 3) олеиновая
- 4) бензойная
- 5) стеариновая

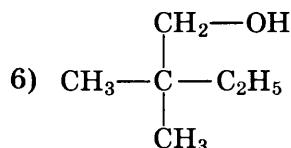
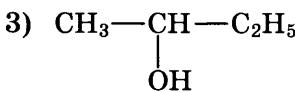
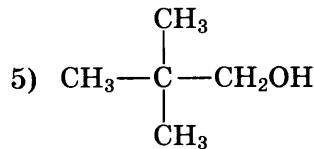
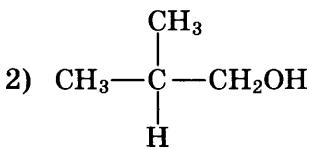
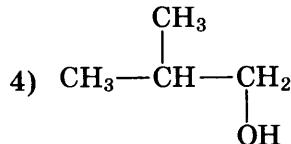
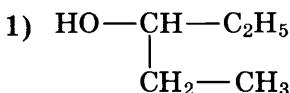
*Ответ:*

**17. Какие из утверждений верны?**

- А. Циклоалканы изомерны ароматическим углеводородам.
- Б. Алкины изомерны диеновым углеводородам.
- 1) верно только А
  - 2) верно только Б
  - 3) верны оба утверждения
  - 4) оба утверждения неверны

*Ответ:*

**18.** Одному и тому же веществу соответствуют формулы:



Ответ:

**19.** В молекуле 2,2-диметилбутана тип гибридизации атомных орбиталей атомов углерода

1) только  $sp^3$

3)  $sp^3$  и  $sp^2$

2) только  $sp^2$

4)  $sp^3$ ,  $sp^2$  и  $sp$

Ответ:

**20.** В молекуле ацетилена имеются

1) одна  $\sigma$ -связь

2) две  $\sigma$ -связи

3) три  $\sigma$ -связи

4) одна  $\pi$ -связь

5) две  $\pi$ -связи

Ответ:

**21.** При взаимодействии 1 моль  $\text{CH}_4$  с 2 моль  $\text{Cl}_2$  при освещении получается преимущественно

1) хлорметан

2) дихлорметан

3) хлороформ

4) тетрахлорэтан

Ответ:

**22.** Из предложенного перечня выберите два вещества, с которыми взаимодействует пропан.

- 1) натрий
- 2) хлор
- 3) водород
- 4) раствор перманганата калия
- 5) азотная кислота

*Ответ:*

**23.** При действии спиртового раствора щелочи на 2-хлорбутан преимущественно образуется

- 1) 1-бутен
- 2) 2-бутен
- 3) циклобутан
- 4) метилциклогексан

*Ответ:*

**24.** Превращение бутана в бутен относится к реакции

- 1) полимеризации
- 2) дегидрирования
- 3) дегидратации
- 4) изомеризации

*Ответ:*

**25.** 2-метилбутен-1 не взаимодействует с

- 1) бромом
- 2) оксидом меди(II)
- 3) водородом
- 4) азотом
- 5) кислородом

*Ответ:*

**26.** При гидрировании алkenов образуются

- 1) алканы
- 2) алкины
- 3) алкадиены
- 4) спирты

*Ответ:*

**27.** Продуктом реакции пропена с хлором является

- 1) 1,2-дихлорпропен
- 2) 2-хлорпропен
- 3) 2-хлорпропан
- 4) 1,2-дихлорпропан

*Ответ:*

**28.** Продуктом взаимодействия бутена-1 с бромоводородом является

- 1) 1-бромбутен-2
- 2) 1,2-дибромбутан
- 3) 2-бромбутан
- 4) 1,2-дибромбутен-2

*Ответ:*

**29.** И бутан, и бутилен реагируют с

- 1) бромной водой
- 2) раствором  $\text{KMnO}_4$
- 3) водородом
- 4) хлором
- 5) кислородом

*Ответ:*

**30.** Бромэтан можно получить взаимодействием

- 1) бромоводорода и этанола
- 2) брома и этилена
- 3) бромоводорода и этилена
- 4) бромной воды и этана
- 5) бромметана и натрия

*Ответ:*

**31.** При действии водного раствора щелочи на монобромалканы преимущественно образуются

- 1) алканы
- 2) алкены
- 3) спирты
- 4) альдегиды

*Ответ:*

**32. Этилен можно получить**

- 1) дегидратацией этанола
- 2) восстановлением уксусной кислоты
- 3) гидрированием ацетальдегида
- 4) гидролизом этилацетата
- 5) термическим разложением этана

*Ответ:*

**33. При взаимодействии 2-метилбутена-2 с бромоводородом преимущественно образуется**

- 1) 2-бром-2-метилбутан
- 2) 1-бром-2-метилбутан
- 3) 2,3-дибром-2-метилбутан
- 4) 2-бром-3-метилбутан

*Ответ:*

**34. Какое из веществ вступает в реакцию гидратации в соответствии с правилом В.В. Марковникова?**

- 1)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$
- 2)  $\text{CF}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$
- 3)  $\text{CH}_3-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$
- 4)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$
- 5)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$

*Ответ:*

**35. Присоединение HCl к бутену-1 приводит к образованию преимущественно**

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| 1) 1-хлорбутана | 3) 2-хлорбутана |
| 2) 1-хлорбутена | 4) 2-хлорбутена |

*Ответ:*

**36. Присоединение HCl к метилпропену в соответствии с правилом Марковникова приводит к образованию**

- 1) 2-метил-2-хлорпропана
- 2) 2-метил-1-хлорпропана
- 3) 2-метил-2-хлорпропена
- 4) 2-метил-1-хлорпропена

*Ответ:*

**37.** Бензол в одну стадию можно получить из

- 1) этилена
- 2) ацетилена
- 3) циклогексана
- 4) гексанола
- 5) фенола

*Ответ:*

--	--

**38.** Бензол не взаимодействует с

- 1) бромом
- 2) азотной кислотой
- 3) бромоводородом
- 4) раствором перманганата калия
- 5) кислородом

*Ответ:*

--	--

**39.** С водородом реагирует каждое из двух веществ:

- 1) пропин и изобутан
- 2) бутан и пропадиен
- 3) бензол и этаналь
- 4) дивинил и этанол

*Ответ:*

--

**40.** Этанол в одну стадию можно получить из

- 1) пропанола
- 2) хлорэтана
- 3) этанала
- 4) ацетилена
- 5) этиленгликоля

*Ответ:*

--	--

**41.** При щелочном гидролизе 2-хлорбутана преимуществообразуется

- 1) бутанол-2
- 2) бутанол-1
- 3) бутаналь
- 4) бутен-2

*Ответ:*

--

42. При щелочном гидролизе 1,2-дихлорпропана образуется

- 1) пропанол-1
- 2) пропаналь
- 3) пропанол-2
- 4) пропандиол-1,2

Ответ:

43. Для предельных одноатомных спиртов характерно взаимодействие с

- |                        |        |
|------------------------|--------|
| 1) NaOH (р-р)          | 4) HCl |
| 2) Na                  | 5) Cu  |
| 3) Cu(OH) <sub>2</sub> |        |

Ответ:

44. Пропанол не взаимодействует с

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1) Ag             | 4) K              |
| 2) O <sub>2</sub> | 5) H <sub>2</sub> |
| 3) HCl            |                   |

Ответ:

45. При дегидратации этилового спирта могут образовываться

- |          |                    |
|----------|--------------------|
| 1) бутан | 4) пропен          |
| 2) этен  | 5) диэтиловый эфир |
| 3) этин  |                    |

Ответ:

46. При окислении пропанола-1 могут образовываться

- 1) пропилен
- 2) пропанон
- 3) пропаналь
- 4) пропановая кислота
- 5) пропан

Ответ:

47. При окислении этанола оксидом меди(II) образуется

- |                 |                       |
|-----------------|-----------------------|
| 1) формальдегид | 3) муравьиная кислота |
| 2) ацетальдегид | 4) диэтиловый эфир    |

Ответ:

**48. Многоатомные спирты можно обнаружить**

- 1) раствором  $\text{KMnO}_4$
- 2)  $\text{Ag}_2\text{O}$  (в аммиачном растворе)
- 3)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  (щелочной р-р)
- 4) бромной водой

*Ответ:*

**49. Из предложенного перечня выберите два вещества, с которыми взаимодействует фенол**

- 1) соляная кислота
- 2) гидроксид натрия
- 3) бромная вода
- 4) этилен
- 5) метан

*Ответ:*

**50. Кислотные свойства наиболее выражены у**

- 1) фенола
- 2) метанола
- 3) этанола
- 4) глицерина

*Ответ:*

**51. При взаимодействии фенола с натрием образуются**

- 1) фенолят натрия и вода
- 2) фенолят натрия и водород
- 3) бензол и гидроксид натрия
- 4) бензоат натрия и водород

*Ответ:*

**52. При взаимодействии ацетальдегида с водородом образуется**

- 1) ацетилен
- 2) уксусная кислота
- 3) этанол
- 4) этиленгликоль

*Ответ:*

**53.** Из предложенного перечня выберите два вещества, с которыми взаимодействует уксусный альдегид

- 1) водород
- 2) гидроксид меди(II)
- 3) соляная кислота
- 4) этан
- 5) оксид кальция

*Ответ:*

**54.** При гидратации этина в присутствии сульфата ртути(II) образуется

- 1) этанол
- 2) этаналь
- 3) этановая кислота
- 4) диэтиловый эфир

*Ответ:*

**55.** При окислении пропаналя образуется

- 1) пропановая кислота
- 2) пропанол-1
- 3) пропен
- 4) пропанол-2

*Ответ:*

**56.** Уксусная кислота не взаимодействует с

- |                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| 1) Mg                  | 4) SiO <sub>2</sub> |
| 2) Cu(OH) <sub>2</sub> | 5) NaOH             |
| 3) Cu                  |                     |

*Ответ:*

**57.** При взаимодействии муравьиной кислоты с магнием образуются

- 1) формиат магния
- 2) карбонат магния
- 3) ацетат магния
- 4) водород
- 5) вода

*Ответ:*

**58.** При сливании растворов уксусной кислоты и гидроксида калия образуются

- 1) ацетат калия
- 2) карбонат калия
- 3) формиат калия
- 4) вода
- 5) водород

*Ответ:*

**59.** Между собой могут взаимодействовать

- 1) уксусная кислота и карбонат натрия
- 2) глицерин и сульфат меди(II)
- 3) фенол и гидроксид меди(II)
- 4) метанол и углекислый газ
- 5) ацетальдегид и водород

*Ответ:*

**60.** Какие вещества образуются в организме человека в результате полного окисления глюкозы?

- |                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| 1) CO <sub>2</sub>  | 4) NH <sub>3</sub> |
| 2) CO               | 5) N <sub>2</sub>  |
| 3) H <sub>2</sub> O |                    |

*Ответ:*

**61.** Дисахаридом является углевод, название которого

- 1) крахмал
- 2) сахароза
- 3) глюкоза
- 4) целлюлоза

*Ответ:*

**62.** Альдегидоспиртом является

- 1) глюкоза
- 2) фруктоза
- 3) сахароза
- 4) крахмал

*Ответ:*

**63. Полисахаридом является**

- |            |             |
|------------|-------------|
| 1) глюкоза | 3) сахароза |
| 2) рибоза  | 4) крахмал  |

*Ответ:*

**64. Этанол образуется при спиртовом брожении**

- |              |             |
|--------------|-------------|
| 1) целлюлозы | 3) крахмала |
| 2) глюкозы   | 4) сорбита  |

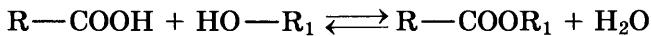
*Ответ:*

**65. Взаимодействие пропена и бромоводорода**

- |   |
|---|
| 1) протекает по правилу Марковникова        |
| 2) приводит к образованию 2-бромпропана     |
| 3) относится к реакциям замещения           |
| 4) не сопровождается разрывом $\pi$ -связи  |
| 5) осуществляется по ионному механизму      |
| 6) приводит к образованию 2,2-дibромпропана |

*Ответ:*

**66. В соответствии со схемой реакции (дайте три верных ответа)**



происходит взаимодействие между

- |                                       |
|---------------------------------------|
| 1) серной кислотой и пропанолом-1     |
| 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 |

*Ответ:*

**67. Из предложенного перечня выберите три вещества, с которыми взаимодействует аланин.**

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1) KOH                      | 4) $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ |
| 2) $\text{H}_2\text{SO}_4$  | 5) CuO                                     |
| 3) $\text{Na}_2\text{SO}_4$ | 6) $\text{CH}_4$                           |

*Ответ:*

**68. Какие из следующих утверждений верны?**

- А. Анилин легче реагирует с бромом, чем бензол.  
Б. Анилин является более сильным основанием, чем аммиак.

- 1) верно только А                  3) верны оба утверждения  
2) верно только Б                  4) оба утверждения неверны

*Ответ:*

**69. Более сильные основные свойства, чем метиламин проявляют**

- 1) анилин  
2) аммиак  
3) диметиламин  
4) дифениламин  
5) триметиламин

*Ответ:*

**70. Более слабые основные свойства, чем аммиак, проявляют**

- 1) этиламин  
2) диметиламин  
3) диэтиламин  
4) дифениламин  
5) анилин

*Ответ:*

**71. При полном сгорании аминов образуются**

- 1) CO                                4) H<sub>2</sub>O  
2) CO<sub>2</sub>                            5) NO<sub>2</sub>  
3) H<sub>2</sub>                              6) N<sub>2</sub>

*Ответ:*

**72. При взаимодействии этиламина с водным раствором HBr образуется**

- 1) бромэтан и азот  
2) бромид аммония  
3) бромид этиламмония  
4) аммиак, бром и вода

*Ответ:*

**73.** Из предложенного перечня выберите два вещества, с которыми взаимодействует этиламин.

- 1) кислород
- 2) бромная вода
- 3) водород
- 4) хлороводород
- 5) оксид меди(II)

*Ответ:*

--	--

**74.** Анилин в отличие от бензола реагирует с

- 1) раствором гидроксида натрия
- 2) свежеосажденным гидроксидом меди (II)
- 3) бромной водой
- 4) соляной кислотой
- 5) аммиаком

*Ответ:*

--	--

**75.** Амфотерность аланина проявляется при его взаимодействии с

- 1) спиртами
- 2) кислотами
- 3) альдегидами
- 4) растворами средних солей
- 5) растворами щелочей

*Ответ:*

--	--

**76.** При взаимодействии аминокислот между собой образуются

- 1) сложные эфиры
- 2) пептиды
- 3) амины и кислоты
- 4) аммиак и кислота

*Ответ:*

--

**77.** Из предложенного перечня выберите три вещества, с которыми взаимодействует аминоуксусная кислота.

- |         |                                  |
|---------|----------------------------------|
| 1) KOH  | 4) CH <sub>3</sub> OH            |
| 2) NaCl | 5) HNO <sub>3</sub>              |
| 3) Cu   | 6) C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> |

*Ответ:*

--	--	--

**78.** При гидролизе пептидов образуются

- 1) амины
- 2) аминокислоты
- 3) карбоновые кислоты
- 4) спирты

*Ответ:*

**79.** В результате гидролиза белков образуются(-ются)

- 1) глицерин
- 2) аминокислоты
- 3) карбоновые кислоты
- 4) глюкоза

*Ответ:*

**80.** Сложный эфир образуется при взаимодействии глицина с

- 1) NaOH
- 2) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH
- 3) HBr
- 4) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

*Ответ:*

**81.** Из предложенного перечня выберите три вещества, с которыми взаимодействует этен.

- 1) хлорид железа(III)
- 2) бром
- 3) перманганат калия
- 4) вода
- 5) этанол
- 6) карбонат натрия

*Ответ:*

**82.** Из предложенного перечня выберите три вещества, с которыми взаимодействует метаналь.

- |   |  |
|---|--|
| 1) HBr                                    | 4) C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> |
| 2) [Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]OH | 5) Na  |
| 3) C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH       | 6) H <sub>2</sub>                                |

*Ответ:*

**83.** Из предложенного перечня выберите три вещества, с которыми взаимодействует фенол.

- 1) кислород
- 2) бензол
- 3) гидроксид натрия
- 4) хлороводород
- 5) натрий
- 6) оксид кремния(IV)

*Ответ:*

--	--	--

**84.** Из предложенного перечня выберите три вещества, с которыми взаимодействует олеиновая кислота.

- 1) водород
- 2) бромоводород
- 3) медь
- 4) хлорид хрома(III)
- 5) азот
- 6) карбонат натрия

*Ответ:*

--	--	--

**85.** Из предложенного перечня выберите три вещества, с которыми взаимодействует метилэтиламин.

- 1) этан
- 2) бромоводородная кислота
- 3) кислород
- 4) гидроксид калия
- 5) пропан
- 6) вода

*Ответ:*

--	--	--

**86.** Из предложенного перечня выберите три вещества, с которыми взаимодействует анилин.

- 1) гидроксид натрия
- 2) пропионовая кислота
- 3) хлор
- 4) толуол
- 5) хлороводород
- 6) метан

*Ответ:*

--	--	--

### 87. В схеме превращений



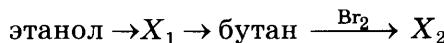
веществами  $X_1$  и  $X_2$  являются

- 1) глицерат меди(II)
- 2) этанол
- 3) 1,1-дибромэтан
- 4) 1,2-дибромэтан
- 5) этиленгликолят меди(II)

Ответ: 

$X_1$	$X_2$

### 88. В схеме превращений



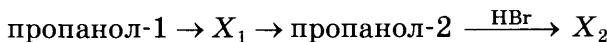
веществами  $X_1$  и  $X_3$  являются

- 1) 1,2-дибромбутан
- 2) бромэтан
- 3) этан
- 4) этилен
- 5) 2-бромбутан

Ответ: 

$X_1$	$X_2$

### 89. В схеме превращений



веществами  $X_1$  и  $X_2$  являются

- 1) 2-бромпропан
- 2) пропановая кислота
- 3) 1-бромпропан
- 4) пропен
- 5) дипропиловый эфир

Ответ: 

$X_1$	$X_2$

## 90. В схеме превращений



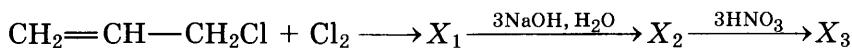
веществами  $X_1$  и  $X_2$  являются

- 1)  $\text{CH}_4$
- 2)  $\text{CH}_3\text{CHO}$
- 3)  $\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3$
- 4)  $\text{HCHO}$
- 5)  $\text{HCOOCH}_3$

Ответ:

$X_1$	$X_2$

## 91. В схеме превращений:



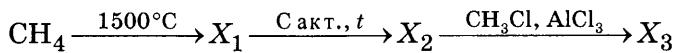
веществами  $X_2$  и  $X_3$  являются

- 1) 1,2,3-тринитропропан
- 2) глицерин
- 3) 2,3-дихлор-1-пропанол
- 4) 1,2,3-глицерат натрия
- 5) тринитроглицерин

Ответ:

$X_2$	$X_3$

## 92. В схеме превращений:



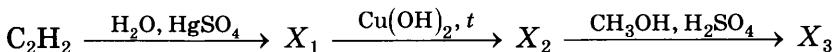
веществами  $X_2$  и  $X_3$  являются

- 1) хлорбензол
- 2) толуол
- 3) 4-хлортолуол
- 4) бензол
- 5) 1,3,5 триметилбензол

Ответ:

$X_2$	$X_3$

### 93. В схеме превращений



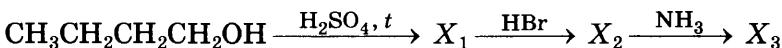
веществами  $X_2$  и  $X_3$  являются

- 1) этилацетат
- 2) 1,2-этандиол
- 3) метилацетат
- 4) ацетат меди(II)
- 5) уксусная кислота

Ответ: 

$X_2$	$X_3$

### 94. В схеме превращений:



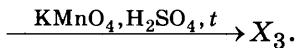
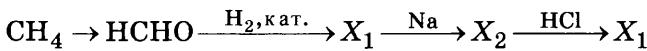
веществами  $X_2$  и  $X_3$  являются

- 1) 1-бромбутан
- 2) 1-аминобутан
- 3) 2-аминобутан
- 4) бромид бутиламмония
- 5) 2-бромбутан

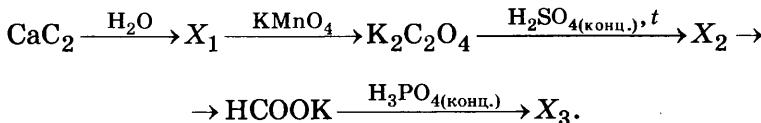
Ответ: 

$X_2$	$X_3$

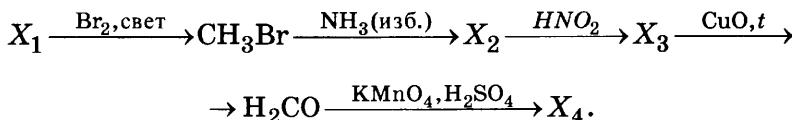
### 95. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



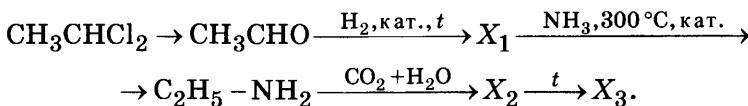
### 96. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



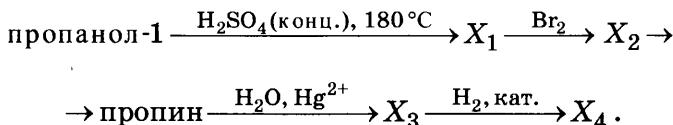
97. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



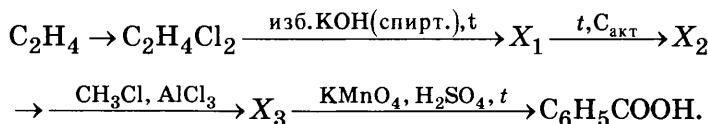
98. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



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



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



## **4. МЕТОДЫ ПОЗНАНИЯ В ХИМИИ. ХИМИЯ И ЖИЗНЬ**

<b>№</b>	<b>Проверяемые элементы содержания</b>
1	Правила работы в лаборатории. Лабораторная посуда и оборудование. Правила безопасности при работе с едкими, горючими и токсичными веществами, средствами бытовой химии. Научные методы исследования химических веществ и превращений. Методы разделения смесей и очистки веществ. Качественные реакции на неорганические вещества и ионы. Идентификация органических соединений
2	Понятие о металлургии: общие способы получения металлов. Общие научные принципы химического производства (на примере промышленного получения аммиака, серной кислоты, метанола). Химическое загрязнение окружающей среды и его последствия. Природные источники углеводородов, их переработка. Высокомолекулярные соединения. Реакции полимеризации и поликонденсации. Полимеры. Пластмассы, волокна, каучуки
3	Вычисление массы растворенного вещества, содержащегося в определенной массе раствора с известной массовой долей; вычисление массовой доли вещества в растворе
4	Расчеты массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси); если одно из веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества. Расчеты массовой или объемной доли выхода продукта реакции от теоретически возможного. Расчеты массовой доли (массы) химического соединения в смеси

№	Проверяемые элементы содержания
5	Расчеты объемных отношений газов при химических реакциях. Термовой эффект химической реакции. Термохимические уравнения. Расчеты теплового эффекта реакции
6	Расчеты массы вещества или объема газов по известному количеству вещества, массе или объему одного из участвующих в реакции веществ
7	Нахождение молекулярной формулы вещества

## 4.1. Теоретический материал

### Экспериментальные основы химии

Правила работы в химической лаборатории, посуда и оборудование, техника безопасности при работе с едкими, горючими и токсичными веществами и средствами бытовой химии, а также методы разделения смесей и очистки веществ подробно рассматриваются в учебниках химии для средней школы; мы на них останавливаться не будем.

При выполнении заданий, проверяющих знание основных методов качественного анализа, существенную помощь могут оказать таблицы, содержащие перечень катионов и анионов, реагентов (или реакций), с помощью которых можно подтвердить наличие или отсутствие ионов в составе исследуемого вещества.

Таблица 8

#### Качественные реакции на катионы

Катион	Реакция / реагент	Наблюдаемая реакция
$\text{Li}^+$	Окрашивание пламени	Карминово-красное окрашивание
$\text{Na}^+$	Окрашивание пламени	Желтое окрашивание
$\text{K}^+$	Окрашивание пламени	Фиолетовое окрашивание
$\text{Ca}^{2+}$	Окрашивание пламени	Кирпично-красное окрашивание
$\text{Sr}^{2+}$	Окрашивание пламени	Карминово-красное окрашивание
$\text{Ba}^{2+}$	1) Окрашивание пламени 2) $\text{SO}_4^{2-}$	1) Желто-зеленое окрашивание; 2) Выпадение белого осадка, не растворимого в кислотах: $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow$
$\text{Cu}^{2+}$	$\text{OH}^-$ (щелочь)	Выпадение осадка голубого цвета: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2$

Катион	Реакция / реагент	Наблюдаемая реакция
Pb <sup>2+</sup>	S <sup>2-</sup>	Выпадение черного осадка: $Pb^{2+} + S^{2-} \rightarrow PbS \downarrow$
Ag <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Выпадение белого осадка, не растворимого в HNO <sub>3</sub> , но растворимого в концентрированном NH <sub>3</sub> · H <sub>2</sub> O: Ag <sup>+</sup> + Cl <sup>-</sup> → AgCl $\downarrow$
Fe <sup>2+</sup>	1) OH <sup>-</sup> (щелочь) 2) гексацианоферрат(III) калия (красная кровяная соль), K <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	1) Выпадение осадка зеленоватого цвета $Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2$ 2) Выпадение синего осадка: $K^+ + Fe^{2+} + [Fe(CN)_6]^{3-} \rightarrow KFe[Fe(CN)_6]_4$
Fe <sup>3+</sup>	1) OH <sup>-</sup> 2) гексацианоферрат(II) калия (желтая кровяная соль) K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] 3) роданид-ион SCN <sup>-</sup>	1) Выпадение бурого осадка $Fe^{3+} + 3OH^- \rightarrow Fe(OH)_3$ 2) Выпадение синего осадка: $K^+ + Fe^{3+} + [Fe(CN)_6]^{4-} \rightarrow KFe[Fe(CN)_6] \downarrow$ 3) Появление ярко-красного окрашивания за счет образования комплексных ионов Fe(SCN) <sup>2+</sup> , Fe(SCN) <sup>+</sup> <sub>2</sub>
Al <sup>3+</sup>	OH <sup>-</sup> (щелочь)	Выпадение осадка гидроксида алюминия при приливании первых порций щелочи и его растворение при дальнейшем приливании
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	OH <sup>-</sup> (щелочь), нагревание	Запах аммиака: $NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3 \uparrow + H_2O$
H <sup>+</sup> (кислая среда)	Индикаторы: лакмус, метиловый оранжевый	Красное окрашивание растворов

Таблица 9

## Качественные реакции на анионы

Анион	Реактив / реакция	Наблюдаемая реакция
$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ba}^{2+}$	Выпадение белого осадка, не растворимого в кислотах: $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow$
$\text{NO}_3^-$	1) добавить конц. $\text{H}_2\text{SO}_4$ и $\text{Cu}$ , нагреть  2) смесь $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{FeSO}_4$	1) Образование голубого раствора, содержащего ионы $\text{Cu}^{2+}$ , выделение газа бурого цвета ( $\text{NO}_2$ ) 2) Возникновение окраски сульфата нитрозо-железа(II) $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5\text{NO}]^{2+}$ . Окраска от фиолетовой до коричневой (реакция «бурого кольца»)
$\text{PO}_4^{3-}$	ионы $\text{Ag}^+$	Выпадение светло-желтого осадка в нейтральной среде: $3\text{Ag}^+ + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow$
$\text{CrO}_4^{2-}$	ионы $\text{Ba}^{2+}$	Выпадение желтого осадка, не растворимого в уксусной кислоте, но растворимого в $\text{HCl}$ : $\text{Ba}^{2+} + \text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaCrO}_4 \downarrow$
$\text{S}^{2-}$	ионы $\text{Pb}^{2+}$	Выпадение черного осадка: $\text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{PbS} \downarrow$
$\text{CO}_3^{2-}$	ионы $\text{Ca}^{2+}$	выпадение белого осадка, растворимого в кислотах: $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow$

Анион	Реактив / реакция	Наблюдаемая реакция
CO <sub>2</sub>	известковая вода Ca(OH) <sub>2</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> → CaCO <sub>3</sub> ↓ + H <sub>2</sub> O, CaCO <sub>3</sub> + CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O → Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Выпадение белого осадка и его растворение при пропускании CO <sub>2</sub>
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	ионы H <sup>+</sup>	Появление характерного запаха SO <sub>2</sub> : 2H <sup>+</sup> + SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> → H <sub>2</sub> O + SO <sub>2</sub>
F <sup>-</sup>	ионы Ca <sup>2+</sup>	Выпадение белого осадка: Ca <sup>2+</sup> + 2F <sup>-</sup> → CaF <sub>2</sub>
Cl <sup>-</sup>	ионы Ag <sup>+</sup>	Выпадение белого осадка, не растворимого в HNO <sub>3</sub> , но растворимого в конц. NH <sub>3</sub> · H <sub>2</sub> O: Ag <sup>+</sup> + Cl <sup>-</sup> → AgCl↓ AgCl + 2(NH <sub>3</sub> · H <sub>2</sub> O) → [Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup> + Cl <sup>-</sup> + 2H <sub>2</sub> O
Br <sup>-</sup>	ионы Ag <sup>+</sup>	Выпадение светло-желтого осадка, не растворимого в HNO <sub>3</sub> : Ag <sup>+</sup> + Br <sup>-</sup> = AgBr↓ осадок темнеет на свету
I <sup>-</sup>	ионы Ag <sup>+</sup>	Выпадение желтого осадка, не растворимого в HNO <sub>3</sub> и NH <sub>3</sub> (конц.): Ag <sup>+</sup> + I <sup>-</sup> → AgI↓ осадок темнеет на свету
OH <sup>-</sup> (щелочная среда)	индикаторы: 1) лакмус 2) фенолфталеин	1) синее окрашивание 2) малиновое окрашивание

Таблица 10

## Качественные реакции органических соединений

Соединение	Реактив / реакция	Наблюдаемая реакция
Алканы	Горение	1) Низшие алканы горят голубоватым пламенем 2) Обычно определяют путем исключения
Алкены	1) Бромная вода ( $\text{Br}_2$ р-р) 2) $\text{KMnO}_4$ (р-р) 3) Горение	1) Обесцвечивание раствора 2) Обесцвечивание раствора, выпадение бурого осадка $\text{MnO}_2$ 3) Горят желтоватым пламенем
Бензол	Горение	Горит сильно коптящим пламенем. Обычно определяют путем исключения
Фенол	1) Бромная вода ( $\text{Br}_2$ р-р) 2) р-р $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 3) $\text{FeCl}_3$	1) Обесцвечивание, выпадение белого осадка трибромфенола 2) Выделение углекислого газа 3) Фиолетовое окрашивание
Спирты	1) Na 2) Горение  3) Черная горячая прокаленная медная проволока	1) Выделение водорода 2) Горят светлым голубоватым пламенем 3) Восстановление красной окраски у прокаленной горячей медной проволоки
Многоатомные спирты	$\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{NaOH}$	Синее окрашивание — образование гликолятов и др.
Амины	1) Лакмус 2) $\text{HHal}$	1) В водном растворе — синее окрашивание. 2) Образуют соли с галогеноводородами — после выпаривания образуется твердый осадок

Соединение	Реактив / реакция	Наблюдаемая реакция
Анилин	1) Бромная вода ( $\text{Br}_2$ р-р) 2) $\text{HHal}$	1) Обесцвечивание бромной воды, выпадение осадка триброманилина. 2) После упаривания твердый осадок — соль гидрогалогенида анилина.
Альдегиды	1) $\text{Ag}_2\text{O}$ 2) $\text{Cu}(\text{OH})_2$	1) Реакция «серебряного зеркала» 2) Выпадение красного осадка $\text{Cu}_2\text{O}$
Карбоновые кислоты	Лакмус	1) Красное окрашивание 2) Муравьиная — реакция «серебряного зеркала» 3) Олеиновая — обесцвечивание бромной воды
Крахмал	Раствор $\text{I}_2$ в $\text{KI}$ или спиртовой раствор иода	Синее окрашивание
Белки	1) Конц. $\text{HNO}_3$ 2) щелочной раствор $\text{Cu}(\text{OH})_2$	1) Желтое окрашивание 2) Фиолетовое окрашивание

## Общие представления о промышленных способах получения важнейших веществ

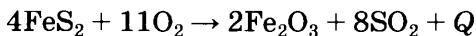
### Производство серной кислоты

Исходным сырьем для производства серной кислоты могут быть сера, сероводород, сульфиды металлов. Мы рассмотрим производство серной кислоты контактным способом, при котором исходным сырьем является пирит  $\text{FeS}_2$ .

Процесс состоит из трех стадий:

1. *Обжиг пирита, получение оксида серы(II), очистка печного газа.*

Уравнение реакции первой стадии:



Измельченный, очищенный и влажный (после флотации) пирит сверху засыпают в печь для обжига в «кипящем слое». Снизу (принцип противотока) пропускают воздух, обогащенный кислородом, для более полного обжига пирита. Температура в печи для обжига достигает 800 °С. Пирит раскаляется докрасна и находится в «подвешенном состоянии» из-за продуваемого снизу воздуха. Похоже это все на кипящую жидкость раскаленно-красного цвета. За счет выделяющейся теплоты в результате реакции поддерживается температура в печи. Избыточное количество теплоты отводят: по периметру печи проходят трубы с водой, которая нагревается. Горячую воду используют дальше для центрального отопления рядом стоящих помещений. Образовавшийся оксид железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (огарок) в производстве серной кислоты не используют. Но его собирают и отправляют на металлургический комбинат, на котором из оксида железа получают металл железо и его сплавы с углеродом — сталь (2% углерода С в сплаве) и чугун (4% углерода С в сплаве).

Таким образом выполняется принцип химического производства — безотходность.

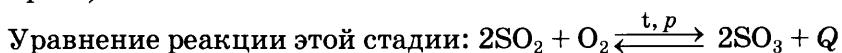
*Очистка печного газа.* Из печи выходит печной газ, состав которого:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , пары воды (пирит был влажный!) и мельчайшие частицы огарка (оксида железа). Такой печной газ необходимо очистить от примесей твердых частиц огарка и паров воды.

Очистку печного газа от твердых частичек огарка проводят в два этапа — в циклоне (используется центробежная сила, твердые частички огарка ударяются о стенки циклона и ссыпаются вниз) и в электрофильтрах (используется электростатическое притяжение, частицы огарка прилипают к наэлектризованным пластинам электрофильтра, при достаточном

накоплении под собственной тяжестью они ссыпаются вниз), для удаления паров воды в печном газе (осушка печного газа) используют концентрированную серную кислоту, которая является очень хорошим осушителем, поскольку поглощает воду.

Осушку печного газа проводят в сушильной башне — снизу вверх поднимается печной газ, а сверху вниз льется концентрированная серная кислота. На выходе из сушильной башни печной газ уже не содержит ни частичек огарка, ни паров воды. Печной газ теперь представляет собой смесь оксида серы  $\text{SO}_2$  и кислорода  $\text{O}_2$ .

*2. Окисление  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$  кислородом* (проводят в контактном аппарате).



Сложность второй стадии заключается в том, что процесс окисления одного оксида в другой является обратимым. Поэтому необходимо выбрать оптимальные условия протекания прямой реакции (получения  $\text{SO}_3$ ).

Прямая реакция является экзотермической  $+Q$ , согласно правилам по смещению химического равновесия, для того чтобы сместить равновесие реакции в сторону экзотермической реакции, температуру в системе необходимо понижать. Но, с другой стороны, при низких температурах скорость реакции существенно падает. Экспериментальным путем химики-технологи установили, что оптимальной температурой для протекания прямой реакции с максимальным образованием  $\text{SO}_3$  является температура 400–500 °C. Это достаточно низкая температура в химических производствах. Для того чтобы увеличить скорость реакции при столь низкой температуре, в реакцию вводят катализатор. Экспериментальным путем установили, что наилучшим катализатором для этого процесса является оксид ванадия(V)  $\text{V}_2\text{O}_5$ .

Прежде чем смесь  $\text{SO}_2$  и  $\text{O}_2$  попадет в контактный аппарат, ее необходимо нагреть до температуры 400–500 °C. Нагрев смеси начинается в теплообменнике, который установлен перед контактным аппаратом. Смесь проходит между трубками теплообменника и нагревается от них. Внутри трубок прохо-

дит горячий  $\text{SO}_3$  из контактного аппарата. Попадая в контактный аппарат, смесь  $\text{SO}_2$  и  $\text{O}_2$  продолжает нагреваться до нужной температуры, проходя между трубками в контактном аппарате. Температура 400–500 °С в контактном аппарате поддерживается за счет выделения теплоты в реакции превращения  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$ . Как только смесь оксида серы и кислорода достигнет слоев катализатора, начинается процесс окисления  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$ .

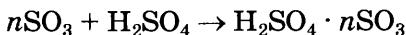
Образовавшийся оксид серы  $\text{SO}_3$  выходит из контактного аппарата и через теплообменник попадает в поглотительную башню.

3. *Получение  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (проводят в поглотительной башне).*

Возникает вопрос: почему оксид серы  $\text{SO}_3$  не поглощают водой? Ведь можно было бы оксид серы растворить в воде:



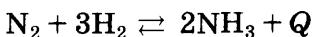
Но дело в том, что если для поглощения оксида серы использовать воду, образуется серная кислота в виде тумана, состоящего из мельчайших капелек серной кислоты (оксид серы растворяется в воде с выделением большого количества теплоты, серная кислота настолько разогревается, что закипает и превращается в пар). Для того чтобы не образовалось сернокислотного тумана, используют 98%-ную концентрированную серную кислоту. Два процента воды — это так мало, что нагревание жидкости будет слабым и неопасным. Оксид серы очень хорошо растворяется в такой кислоте, образуя олеум:



Образовавшийся олеум сливают в металлические резервуары и отправляют на склад. Затем олеумом заполняют цистерны, формируют железнодорожные составы и отправляют потребителю.

### Синтез аммиака

Рассмотрим процесс синтеза аммиака из простых веществ: водорода и азота. Реакция протекает в соответствии с уравнением реакции



Реакция является обратимой, экзотермической, идущей с уменьшением объема. Поскольку эта реакция экзотермическая, то понижение температуры будет смещать равновесие в сторону образования аммиака, но при этом существенно снижается скорость химической реакции. Поэтому синтез проводят при температуре 500–550 °С и в присутствии катализатора. А так как катализатор ускоряет прямую и обратную реакцию одинаково, а повышение температуры смещает равновесие в сторону исходных веществ, эти условия невыгодны для промышленного производства. В соответствии с принципами смещения равновесия для противодействия влиянию повышенной температуры используют давление (10–100 МПа).

В качестве катализатора используют губчатое железо с добавками оксидов алюминия, калия, кальция, кремния.

Отрицательно на скорость образования аммиака влияют вредные примеси: вода, сероводород, оксид углерода(II). Они отравляют катализатор, снижая его активность. Поэтому азотводородную смесь тщательно очищают. Однако и при этих условиях только часть смеси превращается в аммиак. Для полного использования исходных веществ непрореагировавшую часть смеси вновь направляют в реактор — колонну синтеза, которая является разновидностью контактного аппарата. В нем расположены полки с катализатором. Процесс синтеза является сильно экзотермическим, протекает с большим выделением теплоты, часть которой расходуется на нагревание поступающей азотводородной смеси. Смесь, выходящая из колонны синтеза, состоит из аммиака (20–30%) и непрореагировавших азота и водорода. Но благодаря циркуляционному насосу, который предназначен для возвращения непрореагировавшей смеси в контактный аппарат, удается довести использование азотводородной смеси до выхода аммиака около 95%.

### Синтез метанола

Промышленный синтез метилового спирта включает три основные стадии:

1) получение смеси оксида углерода и водорода (синтез-газ);

2) получение метилового спирта-сырца:



### **3) выделение и очистка метилового спирта.**

Рассмотрим технологическую схему производства метанола при низком давлении.

Природный газ сжимается турбокомпрессором, подогревается в подогревателе и направляется на очистку. После этого газ смешивается с водяным паром и диоксидом углерода, и полученная смесь направляется в трубчатый конвектор, где на никелевом катализаторе при высокой температуре (850–870 °С) происходит конверсия. Конвертированный газ поступает в котел-utiлизатор, воздушный холодильник и сепаратор, где газ охлаждается до 35–40 °С. Охлажденный конвертированный газ сжимают до 5 МПа, смешивают с циркуляционным газом и подают в теплообменники, где он нагревается до температуры 220–230 °С. Нагретая газовая смесь поступает в колонну синтеза. Температуру реакционной смеси используют в теплообменниках для подогрева поступающего в колонну газа. Далее газовая смесь охлаждается в холодильнике-конденсаторе, сконденсировавшийся метанол-сырец отделяется в сепараторе и поступает в сборник. Непреагировавшую смесь (циркуляционный газ) возвращают на синтез.

Вследствие снижения температуры синтеза при низком давлении процесс осуществляется в условиях, близких к равновесию, что позволяет увеличить производительность агрегата.

## **Общие способы получения металлов**

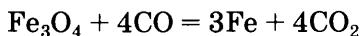
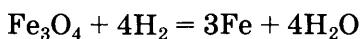
Большинство металлов встречается в природе в составе соединений, в которых металлы находятся в положительной степени окисления, значит, для того чтобы их получить в виде простого вещества, необходимо провести процесс восстановления. Именно этот процессложен в основу процессов получения металлов.

*1. Пирометаллургический способ.* Это восстановление металлов из их руд при высоких температурах с помощью восстановителей неметаллических: кокс, оксид углерода(II), водород; металлических: алюминий, магний, кальций и другие

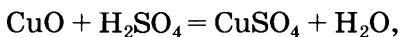
металлы. Прежде чем восстановить природное соединение металла, его необходимо перевести в форму, доступную для переработки, например, оксидную форму с последующим восстановлением металла.



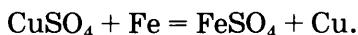
Для получения железа в промышленности железную руду подвергают магнитному обогащению, после чего в вертикальной печи проходит процесс восстановления образовавшегося магнетита:



2. *Гидрометаллургический способ* основан на растворении природного соединения с целью получения раствора соли этого металла и вытеснения данного металла более активным. Например, руда содержит оксид меди, и ее растворяют в серной кислоте:

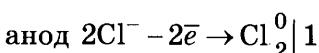
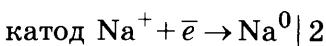


затем проводят реакцию замещения

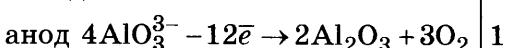
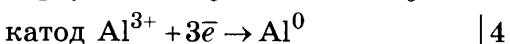
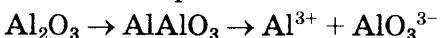


Таким способом получают серебро, цинк, молибден, золото, ванадий и другие металлы.

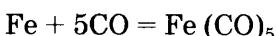
3. *Электрометаллургический способ*. Это способ получения металлов с помощью электрического тока (электролиза). Этим методом получают алюминий, щелочные металлы, щелочноземельные металлы. При этом подвергают электролизу расплавы оксидов, гидроксидов или хлоридов:



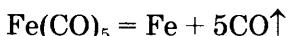
Современный рентабельный способ получения алюминия был изобретен американцем Холлом и французом Эру в 1886 году. Он заключается в электролизе раствора оксида алюминия в расплавленном криолите. Электролиз «раствора» оксида алюминия в расплавленном криолите происходит так, как если бы криолит был только растворителем, а оксид алюминия — электролитом.



4. *Термическое разложение соединений.* Железо взаимодействует с оксидом углерода(II) при повышенном давлении и температуре 100–200 °C, образуя пентакарбонил:



Пентакарбонил железа — жидкость, которую можно легко отделить от примесей перегонкой. При температуре около 250 °C карбонил разлагается, образуя порошок железа:



Если полученный порошок подвергнуть спеканию в вакууме или в атмосфере водорода, то получится металл, содержащий 99,98–99,999% железа. Еще более глубокой степени очистки железа (до 99,9999%) можно достичь методом зонной плавки.

## Природные источники углеводородов, их переработка

### Состав и переработка попутных нефтяных газов

Попутные нефтяные газы выделяются с нефтью при ее добывче из нефтяных скважин.

Попутные газы содержат метан, этан, пропан и другие алканы, а также негорючие газы — азот, аргон и оксид углеро-

да(IV). Содержание алкановых углеводородов  $C_2$ — $C_5$  в попутных нефтяных газах выше, чем в природных.

Попутные газы перерабатывают на газоперерабатывающих заводах. Из них получают метан, этан, пропан, бутан и «газовый бензин», содержащий углеводороды с  $C_5$  и выше. Этан и пропан подвергают дегидрированию и получают этилен и пропилен. Смесь пропана и бутана («сжиженный газ») применяют в качестве бытового топлива. Продукт, содержащий легколетучие углеводороды («газовый бензин»), добавляют к обычному бензину для ускорения его воспламенения при запуске двигателей внутреннего сгорания. Однако около 80% всех органических веществ, используемых человеком, получают на основе нефти и нефтяных газов.

- 1)  $C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 + H_2$
- 2)  $C_3H_8 \rightarrow C_3H_6 + H_2$
- 3)  $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O + Q$

### Состав и переработка нефти

**Нефть** — природная смесь жидких и небольшого количества твердых углеводородов. Углеводороды, входящие в состав нефти, можно разделить на три группы:

- 1) предельные углеводороды (алканы) с прямой или разветвленной цепью (в нефти встречаются почти все члены гомологического ряда метана);
- 2) нафтены — циклические насыщенные углеводороды (цикlopентан, циклогексан и их гомологии);
- 3) ароматические углеводороды (бензол и его гомологии).

Поэтому в настоящее время все нефти по составу классифицируют на метановые, нафтеновые и ароматические. Непредельные углеводороды (например алкены) в свободном состоянии в нефти встречаются довольно редко. Они образуются только при ее вторичной переработке. Нефть содержит также значительное количество высокомолекулярных соединений — нефтяных смол и продуктов их конденсации. Кроме углеводородов в состав нефти входят примеси — органические кислородные и сернистые соединения, а также вода и растворенные в ней кальциевые и магниевые соли.

## Первичная переработка нефти

После очистки нефти от воды и растворенных в ней солей, от песка и других примесей нефть подвергают переработке. Методы переработки могут быть *физическими и химическими*. Физический метод переработки (прямая перегонка) заключается в разделении нефти на ее составные части — *фракции*. Этот процесс основан на разнице температур кипения углеводородов, входящих в состав нефти. При прямой перегонке (при атмосферном давлении) нефть разделяют на отдельные фракции, которые кипят в довольно широком интервале температур.

1. *Бензиновая фракция* — смесь углеводородов с  $C_5-C_{10}$ . При более тщательной перегонке этой фракции можно выделить: легкий бензин (петролейный эфир) (т. кип. 40–70 °C), тяжелый бензин (т. кип. 50–195 °C) и лигроин (т. кип. 120–235 °C). Следует отметить, что первая фракция составляет до 20 % от перегоняемой нефти.

2. *Керосиновая фракция* — смесь углеводородов с  $C_{10}-C_{16}$ . В пределах 165–200 °C отгоняют уайт-спирит, в пределах 200–300 °C — керосин, а в интервале 180–360 °C — дизельное топливо.

3. *Третья фракция — остаток (мазут)*, представляющий собой смесь углеводородов с большим числом углеродных атомов. При перегонке мазута под вакуумом (во избежание осмоления при высокой температуре) или с водяным паром можно получить некоторые смазочные масла, вазелин и парафин. Остаток после отгонки из мазута этих продуктов называется *гудроном* (нефтяным пеком), из которого вырабатывают *битум*. Он широко используется в строительстве.

Разделение нефти происходит с использованием непрерывно действующих *ректификационных колонн*. Ректификационная колонна представляет собой сооружение высотой 50–60 м и диаметром около 3–4 м. Внутри этой колонны на некотором расстоянии друг от друга расположены горизонтальные перегородки — «тарелки», которые имеют большое число отверстий — *патрубков*. Патрубки закрывают сверху колпачками с зубчатыми краями.

## Крекинг нефтепродуктов

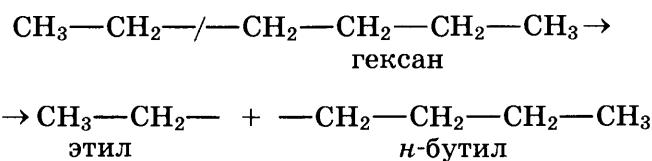
Для увеличения выхода бензина и керосина некоторые фракции прямой перегонки и мазут подвергают вторичной (химической) переработке. Этот процесс связан с частичным разложением углеводородов, в результате которого происходит разрыв, расщепление больших молекул на наиболее мелкие, кипящие при сравнительно низкой температуре. Химические превращения нефти протекают под влиянием нескольких факторов: температуры, давления и катализаторов, это так называемый крекинг нефтяных продуктов. Различают два основных типа крекинга — термический и катализический.

Термический крекинг проводят при температуре 470–650 °С и давлении до 7 МПа. Углеводороды с большой молекулярной массой при крекинге превращаются в более ценные продукты — предельные и непредельные углеводороды с более низкой молекулярной массой.

Например:

- 1)  $\text{C}_{16}\text{H}_{34} \rightarrow \text{C}_8\text{H}_{18} + \text{C}_8\text{H}_{16}$
- 2)  $\text{C}_8\text{H}_{18} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_4\text{H}_8$
- 3)  $\text{C}_6\text{H}_{14} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_4\text{H}_8$

Распад связей происходит гомолитически с образованием свободных радикалов:



Продукты крекинга разделяют на ректификационной колонне. Наиболее ценная жидккая фракция — бензиновая. Бензин, полученный при крекинге, имеет более высокое октановое число, чем бензин прямой перегонки нефти. Однако химическая стойкость такого бензина невысокая, так как в его состав входят алкены, которые со временем окисляются и образуют смелообразные продукты.

*Каталитический крекинг* протекает в присутствии катализаторов ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , алюмосиликатов) при температуре 470–500 °С и давлении 0,01–0,1 МПа. Каталитическому крекингу подвергают в основном дизельную фракцию. При этом происходит не только разрыв углеводородных цепей в молекуле (как при термическом крекинге), но и процессы изомеризации — превращение неразветвленных углеводородов в разветвленные. Это способствует образованию высокооктанового горючего. Каталитический крекинг — более прогрессивный метод переработки нефтяного сырья, чем термический. В результате каталитического крекинга образуется смесь жидких и газообразных углеводородов, которые разделяют на ректификационных колоннах. Газы каталитического крекинга содержат предельные (пропан и бутан) и непредельные (пропен и бутен) углеводороды. После разделения их используют для синтеза разнообразных органических соединений.

### Состав и переработка каменного угля

**Уголь** — сложная смесь веществ, состоящая из различных соединений углерода, водорода, кислорода, азота и серы. В состав угля входят также минеральные вещества, содержащие соединения кремния, алюминия, железа, кальция, магния и других элементов. Полезной частью угля является *органическая масса*, которая придает ему горючие свойства. Она представляет собой смесь высокомолекулярных соединений с небольшим количеством битумов. Органическая масса сформировалась в результате разложения древесных и растительных остатков в течение многих миллионов лет.

Процесс разложения происходил без доступа воздуха, при повышенном давлении и температуре (около 1000 °С), часто в присутствии влаги. Основное направление переработки угля — коксование. В результате коксования образуются твердые и газообразные продукты: *кокс, коксовый газ и каменноугольная смола, аммиачная вода*. Полученный кокс гасят водой, дают ему остить и отправляют на металлургические заводы. Кокс содержит 96–98 % углерода.

Коксовый газ содержит (по объему): 58–62% H<sub>2</sub>, 24,5–26,5% CH<sub>4</sub>, 5–6,7% CO, 1,6–3% CO<sub>2</sub>, 2–3,5% N<sub>2</sub>, 2–2,5% углеводородов, 0,4–0,8% O<sub>2</sub>. При охлаждении этого газа конденсируется каменноугольная смола и аммиачная вода. Несконденсированными остаются аммиак, бензол, водород, оксиды углерода и другие газы. Пропуская их через раствор серной кислоты, выделяют аммиак в виде сульфата аммония, который используют как азотное удобрение. Бензол поглощают растворителем, а затем отгоняют из раствора. После отделения аммиака и бензола коксовый газ используют в качестве топлива или как химическое сырье.

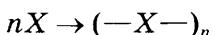
Каменноугольная смола образуется в незначительных количествах (до 3%), однако, учитывая масштабы производства кокса (мировое производство достигает около 400 млн.т в год), ее можно рассматривать как сырье для промышленного производства целого ряда органических веществ. Тем более что в этой смоле содержится около 500 различных органических соединений.

### **Высокомолекулярные соединения. Реакции полимеризации и поликонденсации. Полимеры. Пластмассы, волокна, каучуки**

**Высокомолекулярные соединения (ВМС)** — вещества, молекулы которых содержат сотни и тысячи атомов, соединенных между собой химическими связями. Характерная особенность большинства ВМС, так называемых *полимеров*, — наличие в их молекуле многократно повторяющихся звеньев.

Полимеры получают с помощью реакций двух основных типов — **полимеризации и поликонденсации**.

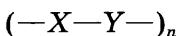
**Полимеризация** (полиприсоединение) протекает по общему уравнению:



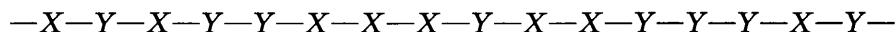
Молекула X называется **мономером**. Реакции полимеризации идут в результате присоединения по кратным связям или за счет раскрытия циклов. В зависимости от заряда час-

тицы, которая инициирует процесс присоединения, различают катионную, анионную и радикальную полимеризацию.

Реакция полимеризации, в которую вступает несколько мономеров одновременно, называется *сополимеризацией* (т.е. совместной полимеризацией). Образующийся при этом сополимер может иметь регулярное строение, при котором элементарные звенья строго чередуются



Или нерегулярное строение с беспорядочно чередующимися звеньями



Примером данной реакции может служить сополимеризация бутадиена и стирола с образованием бутадиен-стирольного каучука. В реакциях поликонденсации участвуют мономеры, имеющие две или более функциональные группы, которые могут реагировать друг с другом с выделением простой молекулы (обычно воды). При реакции поликонденсации из  $n$  молекул мономера выделяется  $(n-1)$  молекула воды.

Типичная реакция *поликонденсации* лежит в основе получения фенолформальдегидных смол или полиэфирных соединений. В процессе реакции поликонденсации всегда (в отличие от полимеризации) образуется низкомолекулярное вещество, например вода.

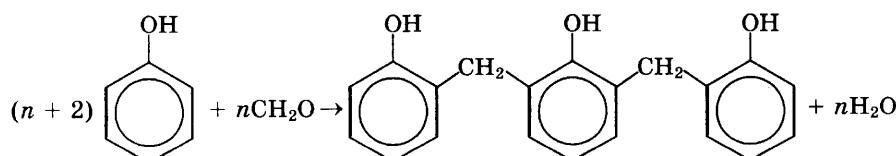


Таблица 11

# Полимеры: пластмассы, волокна, каучуки

Мономер	Мономерное звено	Полимер
этилен $\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	полиэтилен
винилхлорид $\text{CH}_2=\text{CHCl}$	$-\text{CH}_2-\text{CHCl}-$	поливинилхлорид
стирол $\text{CH}_2=\text{CH}$ C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	$-\text{CH}_2-\overset{\text{CH}}{\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}}-$	полистирол
бутадиен-1,3 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$	$-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-$	полибутадиен
стирол+бутадиен-1,3 $\text{CH}_2=\text{CH}$ C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> + $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$	$-\text{CH}_2-\overset{\text{CH}}{\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-$	полистирол-бутадиен
$\begin{array}{c} \text{O} & \text{H} \\ \text{  } & \text{---} \\ \text{---} & \text{C} & \text{---} \\ & \text{O} & \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \text{  } \\ \text{---} & \text{C} & \text{---} \\ & \text{O} & \end{array}$	полиэфир
$\text{CH}_2\text{O} + 2\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$		фенолформальдегидный полимер
$\text{H}_2\text{N}-\text{R}-\text{NH}_2$ $\text{HOOC}-\text{R}-\text{COOH}$ или $\text{H}_2\text{R}-\text{R}-\text{COOH}$	$\begin{array}{c} \text{O} & \text{H} \\ \text{  } & \text{---} \\ \text{---} & \text{C} & \text{---} \\ & \text{O} & \end{array}$	полиамид
$\begin{array}{c} \text{R}-\text{C} \\ \text{  } \\ \text{---} & \text{OH} \\ & + \\ + & \text{O} \\ & \text{---} & \text{C} & \text{---} \\ & \text{O} & \text{---} & \text{C} \\ & \text{---} & \text{R} & \text{---} \\ & \text{OH} & & \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \text{  } \\ \text{---} & \text{C} & \text{---} \\ & \text{O} & \text{---} & \text{C} \\ & \text{---} & \text{O} & \text{---} \\ & \text{O} & & \text{O} \end{array}$	полиангидрид

Одна из важных областей применения полимеров — изготавление волокон.

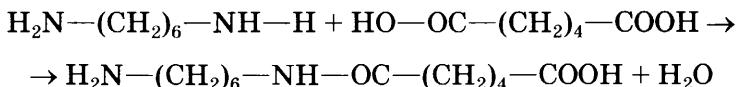
Схема 7

### Классификация волокон

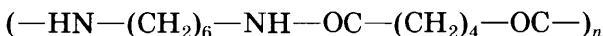


Волокна, для производства которых используют химические методы, составляют группу химических волокон. Они делятся на искусственные и синтетические. Искусственные волокна получают химической модификацией природных материалов (хлопка, шерсти), тогда как для производства синтетических волокон используются только синтетические материалы — полимеры. Мы рассмотрим получение волокон на примере синтетического волокна — нейлон.

**Нейлон (нейлон)** — полиамидное волокно, которое получают поликонденсацией гексаметилендиамина  $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$  и адициновой кислоты  $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ :



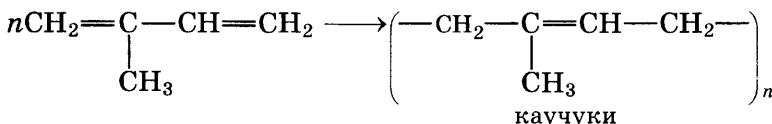
Элементарное звено нейлона имеет вид:



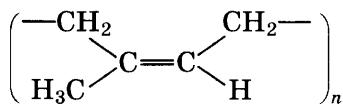
Нейлон и другие полиамидные волокна характеризуются высокой прочностью и устойчивостью к истиранию. Недостатками их являются высокая электризируемость и неустойчивость при нагревании. Поэтому одежду из нейлона нельзя гладить горячим утюгом.

Натуральный каучук получают из латекса — сока некоторых тропических растений. Его строение можно установить

по химическим свойствам: каучук присоединяет бром, бромоводород и водород, а при нагревании без доступа воздуха распадается с образованием изопрена (2-метилбутадиена). Это означает, что каучук представляет собой непредельный полимер — полиизопрен. При более детальном изучении строения натурального каучука выяснилось, что каучук — линейный полимер, продукт 1,4-полиприсоединения изопрена:



Молекулярная масса каучука изменяется от 100 тыс. до 3 млн. Каждое элементарное звено в полиизопрене может существовать в *цис*- и *транс*-формах. В натуральном каучуке почти все звенья имеют *цис*-конфигурацию:



Это означает, что натуральный каучук имеет стереорегулярное строение, которое обуславливает его ценные свойства.

Важнейшее физическое свойство каучука — эластичность, т.е. способность обратимо растягиваться под действием даже небольшой силы. Другое важное свойство — непроницаемость для воды и газов. Основной недостаток каучука — чувствительность к высоким и низким температурам. При нагревании каучук размягчается и теряет эластичность, а при охлаждении становится хрупким и также теряет эластичность.

Эти недостатки можно преодолеть, если нагреть каучук вместе с серой. Этот процесс называется вулканизацией каучука и приводит к сшиванию полиизопреновых цепей за счет образования между ними дисульфидных мостиков. Полученный продукт называется резиной. Он имеет разветвленную пространственную структуру и поэтому менее эластичен, чем натуральный каучук, однако обладает значительно большей прочностью.

## **Расчеты по химическим формулам и уравнениям реакций**

### **Вычисление массы растворенного вещества, содержащегося в определенной массе раствора с известной массовой долей**

Массовая доля растворенного вещества равна отношению массы данного вещества А к массе всего раствора:

$$w(A) = \frac{m(A)}{m(p\text{-ра})} \text{ или}$$

$$w(A) = \frac{m(A)}{m(p\text{-ра})} \cdot 100\%$$

В соответствии с приведенными формулами массовая доля растворенного вещества — величина безразмерная, изменяющаяся в пределах от 0 до 1 или от 0% до 100%.

Поскольку масса раствора складывается из массы растворенного вещества А и массы растворителя:

$$m(p\text{-ра}) = m(A) + m(p\text{-теля}),$$

то расчетные формулы можно переписать в виде:

$$w(A) = \frac{m(A)}{m(A) + m(p\text{-теля})}$$

$$w(A) = \frac{m(A)}{m(A) + m(p\text{-теля})} \cdot 100\%$$

Используя эти формулы, можно рассчитать массу растворенного вещества или массу раствора:

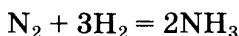
$$m(A) = w(A) \cdot m(p\text{-ра})$$

$$m(p\text{-ра}) = \frac{m(A)}{w}$$

## **Расчеты объемных отношений газов при химических реакциях**

При решении задач часто используют закон объемных отношений газов: объемы газов, участвующих в химической реакции, относятся как их коэффициенты в химическом уравнении.

Так, для химической реакции синтеза аммиака



объемы газов относятся как

$$V(\text{N}_2) : V(\text{H}_2) : V(\text{NH}_3) = 1 : 3 : 2$$

Использование этого закона упрощает решение химических задач.

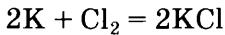
## **Расчеты массы вещества или объема газов по известному количеству вещества, массе или объему одного из участвующих в реакции веществ**

Решение химических задач предполагает использование понятий «количество вещества» и «моль». Действительно, в химии взаимодействуют друг с другом не граммы и килограммы, а атомы и молекулы, число которых подсчитывают с использованием количества вещества, выраженного в молях.

При решении любых подобных задач следует в первую очередь записать уравнение химической реакции и внимательно его прочитать.

**Пример.** Вычислить количество вещества калия, которое без остатка прореагирует с хлором, объем которого при н.у. равен 4,48 л.

**Решение.** Прежде всего запишем уравнение реакции и прочитаем его:



При взаимодействии 2 моль атомов калия и 1 моль молекул хлора образуются 2 моль хлорида калия.

Итак, по уравнению реакции всегда 2 моль калия реагируют без остатка с 1 моль хлора  $\text{Cl}_2$ .

В условии задачи говорится, что объем хлора равен 4,48 л. Поэтому следующим действием будет нахождение количества вещества хлора. Между количеством вещества газа  $n$ , его объемом  $V$  и молярным объемом  $V_m$  существует простая зависимость:

$$n(\text{газа}) = \frac{V}{V_m}$$

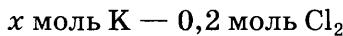
Поскольку молярный объем любого газа при н.у. составляет 22,4 л/моль, то формулу (для н.у.) можно переписать в виде:

$$n(\text{газа}) = \frac{V}{22,4}$$

В данном случае количество вещества хлора будет равно:

$$n(\text{Cl}_2) = \frac{4,48 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,2 \text{ моль.}$$

Теперь следует найти количество вещества калия, которое вступит в реакцию с указанным количеством хлора. Вспомним еще раз, что по уравнению реакции всегда 2 моль К реагируют без остатка с 1 моль  $\text{Cl}_2$ . Составим пропорцию:



Решая эту пропорцию, находим количество вещества калия:

$$n(\text{K}) = \frac{2 \cdot 0,2}{1} = 0,4 \text{ моль.}$$

Эту величину можно было найти и по-другому. Количества веществ калия и хлора относятся как их коэффициенты в уравнении реакции:

$$\frac{n(\text{K})}{n(\text{Cl}_2)} = \frac{2}{1}$$

Отсюда количество вещества калия составит:

$$n(K) = 2n(Cl_2) = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ моль.}$$

Итак, количество вещества калия, которое полностью про-взаимодействует с 4,48 л хлора, равно 0,4 моль.

Ответ:  $n(K) = 0,8$  моль.

В кратком виде решение этой задачи можно записать так:

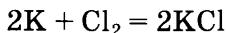
Дано:

$$V(Cl_2) = 4,48 \text{ л}$$

Найти:

$$n(K) — ?$$

Решение:



$$1) n(Cl_2) = \frac{V(Cl_2)}{V_m} = \frac{4,48 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,2 \text{ моль.}$$

$$2) n(K) = 2n(Cl_2) = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ моль.}$$

Ответ:  $n(K) = 0,4$  моль.

### Расчеты теплового эффекта реакции

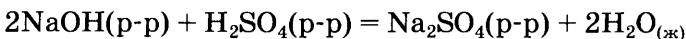
Уравнение химической реакции с указанием теплового эффекта реакции называется термохимическим уравнением. Например, термохимическое уравнение реакции разложения нитрата калия выглядит так:



Поскольку тепловой эффект зависит от агрегатного состояния веществ, то в термохимических уравнениях в обязательном порядке указывают агрегатные состояния всех веществ.

**Пример.** Вычислить тепловой эффект реакции полной нейтрализации гидроксида натрия серной кислотой, если при нейтрализации 1 г щелочи выделяется 1,63 кДж теплоты.

**Решение.** Запишем уравнение реакции:

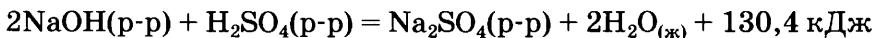


Рассчитаем количество вещества щелочи:

$$n(NaOH) = 1/40 = 0,025 \text{ моль.}$$

Если при нейтрализации 0,025 моль щелочи выделяется 1,63 кДж теплоты, то при нейтрализации 2 моль щелочи вы-

делится  $\frac{2}{0,025} \cdot 1,63 = 130,4$  кДж теплоты. Это количество теплоты и будет тепловым эффектом реакции:



### Расчеты массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси)

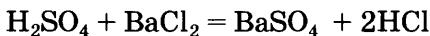
На практике обычно используют не стехиометрические количества веществ — один из реагентов берется в некотором избытке (это может быть связано, в частности, с необходимостью смещения химического равновесия в сторону продукта реакции). Поскольку избыток реагента в реакции не участвует, то химические расчеты следует проводить по веществу, которое полностью вступает в реакцию (иногда говорят, что оно дано в недостатке).

Кроме того, любые из веществ всегда содержат примеси. Массовая доля примесей вычисляется по формуле:

$$w(\text{прим.}) = \frac{m(\text{прим.})}{m(\text{в-ва})} \cdot 100\%$$

**Пример.** Определить массу сульфата бария, образующегося при слиянии растворов, содержащих 9,8 г серной кислоты и 25 г хлорида бария.

**Решение.** Запишем уравнение реакции и рассчитаем количества веществ, взятых для опыта:



$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 9,8 / 98 = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{BaCl}_2) = 25 / 208 = 0,12 \text{ моль}$$

Из уравнения реакции следует, что количества веществ реагентов должны относиться как 1:1. Из расчетов видно, что хлорид бария дан в некотором избытке и не весь вступит в реакцию. Серная же кислота, данная в недостатке, прореагирует полностью. Следовательно, для нахождения количества

вещества сульфата бария необходимо использовать количество вещества серной кислоты:

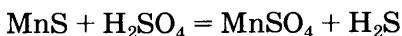
$$n(\text{BaSO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{BaSO}_4) = n \cdot M = 0,1 \cdot 233 = 23,3 \text{ г.}$$

Ответ:  $m(\text{BaSO}_4) = 23,3 \text{ г}$

**Пример.** Какой объем сероводорода выделится при действии серной кислоты на 26 г сульфида марганца, содержащего 5,7% несульфидных примесей?

**Решение.** Запишем уравнение реакции:



Рассчитаем массу сульфида марганца в его техническом образце:

$$m(\text{MnS}) = 26 \cdot (1 - 0,057) = 24,5 \text{ г}$$

Количество вещества сульфида марганца составит:

$$n(\text{MnS}) = m/M = 24,5/87 = 0,28 \text{ моль}$$

По уравнению реакции количества веществ сероводорода и сульфида марганца равны:

$$n(\text{H}_2\text{S}) = n(\text{MnS}) = 0,28 \text{ моль}$$

Объем сероводорода составит:

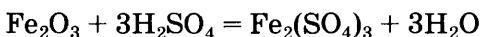
$$V(\text{H}_2\text{S}) = n \cdot V_m = 0,28 \cdot 22,4 = 6,27 \text{ л}$$

Ответ:  $V(\text{H}_2\text{S}) = 6,27 \text{ л}$

**Расчеты массы (объема, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества**

**Пример.** Сколько граммов соли получится при растворении необходимого количества оксида железа(III) в 486 миллилитрах раствора серной кислоты с массовой долей кислоты 25% и с плотностью 1,21 г/мл?

**Решение.** Составим уравнение реакции и прочитаем его:



Один моль оксида железа взаимодействует с тремя молями серной кислоты с образованием одного моля сульфата железа и трех молей воды.

В первом действии найдем массу серной кислоты и количество ее вещества:

$$m_{(p-pa)}(\text{H}_2\text{SO}_4) = V \cdot \rho = 486 \cdot 1,21 = 588,1 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_{(p-pa)} \cdot w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 588,1 \cdot 0,25 = 147 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{147 \text{ г}}{98 \text{ г/моль}} = 1,5 \text{ моль.}$$

Из уравнения реакции следует, что количество вещества сульфата железа (коэффициент 1) втрое меньше количества вещества серной кислоты (коэффициент 3):

$$n(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 1/3n(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$n(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 1,5 \cdot 1/3 = 0,5 \text{ моль.}$$

Следовательно, масса соли составит:

$$m(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = n \cdot M = 0,5 \text{ моль} \cdot 400 \text{ г/моль} = 200 \text{ г.}$$

Ответ:  $m(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 200 \text{ г.}$

### Нахождение молекулярной формулы вещества.

#### Установление химической формулы вещества по массовым долям элементов, входящих в его состав

**Пример.** 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 в 100 г вещества:

$$n(\text{C}) = m/M = 81,8/12 = 6,82 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}) = m/M = 18,2/1 = 18,2 \text{ моль.}$$

Отношение количеств веществ углерода и водорода в 100 г этого углеводорода (а следовательно, и в любой другой его порции) равно:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) = 6,82 : 18,2 = 1 : 2,67.$$

Ближайшее целочисленное соотношение составит:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) = 1 : 2,67 = 3 : 8,$$

что отвечает формуле пропана  $\text{C}_3\text{H}_8$ . Следовательно, это и будет ответ к задаче.

### Установление химической формулы вещества по продуктам его сгорания

**Пример.** При сжигании газообразного углеводорода с плотностью по кислороду 1,312 получено 16,8 л углекислого газа и 13,5 г воды. Определите молекулярную формулу углеводорода.

#### Решение.

1. Найдем количества веществ углекислого газа и воды:

$$n(\text{CO}_2) = V/V_m = 16,8/22,4 = 0,75 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m/M = 13,5/18 = 0,75 \text{ моль}$$

2. Найдем количества веществ атомов углерода и водорода и установим простейшую формулу углеводорода:

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 0,75 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 1,5 \text{ моль.}$$

$$\text{Соотношение } n(\text{C}):n(\text{H}) = 0,75 : 1,5 = 1 : 2$$

Простейшая формула  $\text{CH}_2$

3. Рассчитаем молярную массу углеводорода (исходя из его плотности) и установим его истинную молекулярную формулу:

молярная масса простейшей формулы равна

$$M(\text{CH}_2) = 14 \text{ г/моль.}$$

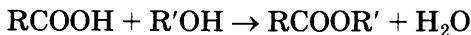
Молярная масса углеводорода, исходя из его плотности, равна  $M = 32D_{\text{O}_2} = 32 \cdot 1,312 = 42 \text{ г/моль}$ , что втрое больше молярной массы простейшей формулы, следовательно, простейшую формулу следует утроить. Окончательно молекулярная формула сгоревшего углеводорода  $\text{C}_3\text{H}_6$ .

## Установление химической формулы вещества на основании уравнений реакций с его участием

**Пример.** Для некоторой предельной одноосновной кислоты массой 6 г требуется для полной этерификации такая же масса спирта. При этом получается 10,2 г сложного эфира. Установите молекулярную формулу кислоты.

**Решение:**

1) В первую очередь запишем уравнение реакции этерификации в общем виде и, используя закон сохранения массы веществ в химических реакциях, по разнице найдем массу и количество вещества воды, образовавшейся в реакции:



$$m(\text{H}_2\text{O}) = (6 + 6) - 10,2 = 1,8 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 1,8 / 18 = 0,1 \text{ моль.}$$

2) Поскольку по уравнению реакции количества веществ кислоты и воды равны, то запишем:

$$n(\text{RCOOH}) = n(\text{H}_2\text{O}) = 0,1 \text{ моль.}$$

Теперь можно найти молярную массу кислоты:

$$M(\text{RCOOH}) = m/n = 6 / 0,1 = 60 \text{ г/моль.}$$

3) Зная молярную массу кислоты, установим ее формулу. Мы знаем, что на радикал R приходится  $60 - 12 - 32 - 1 = 15$  г/моль. Таким радикалом является метил  $\text{CH}_3$ . Следовательно, кислота имеет формулу  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

## Установление молекулярной формулы соединения с использованием общей формулы гомологического ряда

При решении задач этого типа полезно знать и использовать общие формулы изучаемых в школьном курсе органической химии гомологических рядов (табл. 12).

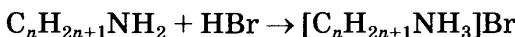
Таблица 12

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	$(NH_2)C_nH_{2n}COOH$	$14n + 61$

**Пример.** Установите молекулярную формулу первичного амина, бромоводородная соль которого содержит 63,5% брома.

### Решение.

1. Запишем в общем виде уравнение реакции между амином и бромоводородом:



2. Зная общую формулу солей аминов с бромоводородом, составим алгебраическое выражение для расчета массовой доли брома в такой соли:

$$w(\text{Br}) = \frac{M(\text{Br})}{M(C_nH_{2n+1}NH_3\text{Br})}$$

3. 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  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ .

### Расчеты массовой или объемной доли выхода продукта реакции от теоретически возможного

Большинство химических реакций не доходят до конца. Это связано и с наступлением в системе химического равновесия, и с резким уменьшением скорости реакции в конце взаимодействия, и с другими факторами. В расчетах используют величину выхода продукта от теоретически возможного. Выход продукта равен отношению массы вещества (количества вещества, объема), полученного на практике, к теоретически рассчитанной массе (количеству вещества, объему):

$$\eta = \frac{m_{(\text{практич.})}}{m_{(\text{теор.})}} = \frac{V_{(\text{практич.})}}{V_{(\text{теор.})}} = \frac{v_{(\text{практич.})}}{v_{(\text{теор.})}}$$

Очевидно, что практический выход не может быть больше 1 (100%).

**Пример.** При разложении 50 г карбоната кальция было получено 10,5 л (н.у.) углекислого газа. Рассчитайте выход углекислого газа в процентах от теоретического.

**Решение.** Запишем уравнение химической реакции:



Найдем количество вещества карбоната кальция:

$$n(\text{CaCO}_3) = m/M = 50/100 = 0,5 \text{ моль.}$$

Из уравнения реакции следует, что

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) = 0,5 \text{ моль.}$$

Объем углекислого газа должен составить

$$V(\text{CO}_2) = 0,5 \cdot 22,4 = 11,2 \text{ л.}$$

Это теоретический выход. Практический же выход составит:  $\eta = \frac{10,5}{11,2} = 0,94$  или 94%.

## 4.2. Задания с комментариями и решениями

**Задание 1.** Верны ли следующие суждения о правилах обращения с веществами?

- A. В лаборатории можно знакомиться с запахом и вкусом веществ.
  - B. Газообразный хлор очень ядовит.
- 1) верно только А
  - 2) верно только Б
  - 3) верны оба суждения
  - 4) оба суждения неверны

Обратим внимание, что суждение можно признать верным, если верным является все то, о чем в нем говорится. В первом суждении верным является то, что в лаборатории можно знакомиться с запахом веществ. А вот его вторая часть (знакомство со вкусом) является неверным. Следовательно, первое суждение в целом неверно.

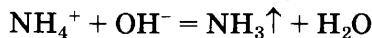
Со вторым суждением о хлоре трудно не согласиться. Всем известно, что хлор — ядовитый газ, попадание которого в легкие приводит к отеку легких. Таким образом, второе суждение верное.

*Ответ: 2*

**Задание 2.** Соли аммония можно обнаружить с помощью реакции с

- 1) гидроксидом натрия
- 2) серной кислотой
- 3) хлоридом бария
- 4) нитратом серебра

Это типичное задание, проверяющее знание качественных реакций на неорганические вещества. В данном случае для обнаружения иона аммония следует использовать взаимодействие его с щелочью:



Выделившийся аммиак можно распознать либо по характерному запаху, либо по посинению лакмусовой бумаги.

*Ответ: 1*

**Задание 3.** Свежеосажденный гидроксид меди(II) является реагентом на

- 1) карбоновые кислоты
- 2) одноатомные спирты
- 3) альдегиды
- 4) сложные эфиры

Выбрать правильный ответ можно, проанализировав все четыре предложенных варианта ответа. Так, например, известно, что карбоновые кислоты, например уксусная, легко взаимодействуют с гидроксидом меди(II), растворяя его с образованием зеленовато-синего раствора. Казалось бы — это и есть правильный ответ, но это не так. Гидроксид меди(II) взаимодействует не только с карбоновыми, но и другими кислотами — серной, азотной и др.

Реактивом принято считать вещество, при взаимодействии с которым происходит появление или растворение осадка, изменение цвета раствора, выделение газа, и при этом происходящие изменения не должны быть характерны для других представителей данной группы веществ.

Проанализируем другие варианты ответа. Одноатомные спирты и сложные эфиры не взаимодействуют с гидроксидом меди(II). Остаются альдегиды. Действительно, качественной реакцией на альдегиды, наряду с реакцией серебряного зеркала, является взаимодействие их с гидроксидом меди(II). Голубой осадок свежеосажденного  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  под действием альдегидов превращается сначала в желтый ( $\text{CuOH}$ ), а затем — в красно-кирпичный  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

*Ответ: 3*

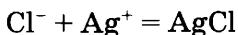
**Задание 4.** Для подтверждения качественного состава хлорида алюминия необходимы растворы

- 1) фосфата калия и бромида серебра
- 2) нитрата серебра и гидроксида калия
- 3) нитрата натрия и гидроксида бария
- 4) хлорида кальция и фенолфталеина

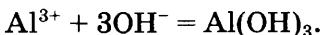
При диссоциации хлорида алюминия образуются ионы алюминия и хлорид-ион:



На хлорид-ион реагентом является ион серебра, т.к. при их взаимодействии образуется белый творожистый осадок хлорида серебра



На ион алюминия в качестве реагента можно использовать щелочи. При взаимодействии иона алюминия с гидроксид-ионом сначала образуется студенистый осадок, который затем растворяется в избытке щелочи



Ионы серебра и гидроксид-ионы образуются при диссоциации нитрата серебра и гидроксида калия.

*Ответ: 2*

**Задание 5.** С использованием метода «кипящего слоя» в промышленности осуществляют

- 1) синтез аммиака
- 2) синтез метанола
- 3) обжиг колчедана
- 4) окисление оксида серы(IV)

Метод «кипящего слоя» заключается в том, что через печь для обжига руд снизу пропускают воздух, обогащенный кислородом. В результате чего на поверхности измельченной руды частицы немного подпрыгивают, создавая тем самым «эффект кипения». В остальных процессах участвуют главным образом, газообразные вещества, в процессе переработки которых метод «кипящего слоя» не используется.

*Ответ: 3*

**Задание 6.** Наибольшую экологическую опасность представляет промышленная переработка минерала, содержащего ионы

- 1)  $\text{Ca}^{2+}$
- 2)  $\text{Fe}^{2+}$
- 3)  $\text{Pb}^{2+}$
- 4)  $\text{Mg}^{2+}$

Анализируя варианты ответов, необходимо вспомнить, что экологическая опасность чаще всего связывается с воздействием веществ на живую природу, в первую очередь на челове-

ческий организм. С этой точки зрения особо опасными считаются соли тяжелых металлов, в данном случае — свинца. Так, например, при переработке сульфида свинца не только выделяется сернистый газ, но и образуется оксид свинца — а все соединения свинца очень ядовиты. Именно свинцовое производство и представляет наибольшую экологическую опасность!

**Ответ: 2**

**Задание 7.** Верны ли следующие суждения о промышленных способах получения металлов?

- А. В основе пирометаллургии лежит процесс восстановления металлов из руд при высоких температурах.
- Б. В промышленности в качестве восстановителей используют оксид углерода (II) и кокс.
- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

Проанализируем каждое из суждений. Пирометаллургия («пирос» — огонь) — это процесс получения металлов из руд с использованием высоких температур. Суждение верное.

И оксид углерода(II), и кокс (обогащенный каменный уголь) являются отличными восстановителями. А поскольку большинство металлов встречается в природе в виде соединений, то их действительно можно получить восстановлением, используя для этого оксид углерода (II) и кокс.

Оба суждения верны.

**Ответ: 3**

**Задание 8.** Способом переработки нефти и нефтепродуктов, при котором не происходят химические реакции, является

- 1) перегонка
- 2) крекинг
- 3) раформинг
- 4) пиролиз

Вспомним, что и крекинг, и пиролиз, и раформинг — различные химические процессы, протекающие с разложением исходных веществ. Крекинг сопровождается разрывом C—C

связей. Пиролиз — более глубокое разложение вещества при действии высоких температур. Риформинг предполагает дегидроциклизацию и изомеризацию углеводородов. А вот перегонка — физический способ разделения смеси на отдельные компоненты или фракции. Никаких химических превращений при обычной перегонке не происходит.

*Ответ: 1*

**Задание 9.** Мономером для получения поливинилхлорида является

- 1) хлорэтан
- 2) хлорэтен
- 3) хлорпропан
- 4) 1,2-дихлорэтан

При анализе условия задания обращает на себя внимание название полимера, в котором фигурирует тривиальное название радикала — винил. В то время как в названиях мономеров его нет. Это связано с тем, что они даны по систематической номенклатуре. Вспомним, что название радикалов, соответствующих предельным углеводородам этану и пропану, — этил и пропил.

Винил — это непредельный радикал, имеющий формулу  $\text{—CH=CH}_2$ . Поэтому хлорэтен  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$  имеет и другое название — хлорвинил. Таким образом, мономером для производства полихлорвинила (поливинилхлорида) является хлорвинил, т.е. хлорэтен.

*Ответ: 2*

**Задание 10.** Природным полимером является

- 1) полиэтилен
- 2) поливинилхлорид
- 3) крахмал
- 4) полистирол

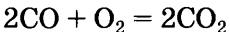
В природе существует очень большое число полимеров. Органические полимеры главным образом входят в состав живых организмов. К таковым относится крахмал. Все остальные полимеры получают в результате химических реакций, следовательно, они не природные.

*Ответ: 3*

**Задание 11.** Объем (н.у.) углекислого газа, который теоретически образуется при сжигании 5 л (н.у.) угарного газа, равен

- |          |          |
|----------|----------|
| 1) 5 л   | 3) 7,5 л |
| 2) 2,5 л | 4) 10 л  |

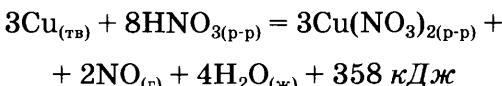
Для решения задачи следует составить уравнение реакции между угарным газом и кислородом:



Дальнейшее решение задачи можно осуществить с помощью пропорции. По уравнению реакции видно, что при сжигании 2 моль угарного газа образуется 2 моль углекислого газа. В соответствии с законом объемных отношений газов при сжигании 5 л этого CO образуется столько же литров CO<sub>2</sub>.

*Ответ: 1*

**Задание 12.** Согласно термохимическому уравнению реакции



при получении 15,68 л (н.у.) оксида азота(II) количество выделившейся теплоты будет равно

- 1) 358 кДж
- 2) 716 кДж
- 3) 125,3 кДж
- 4) 22,4 кДж

Из термохимического уравнения следует, что при образовании 2 моль оксида азота(II) выделяется 358 кДж теплоты. В результате решения задачи требуется определить, сколько энергии выделится при образовании 15,68 л оксида азота(II).

Вычислим, какой объем занимают 2 моль оксида азота(II):

$$V(\text{NO}) = 2 \cdot V_m = 2 \cdot 22,4 = 44,8 \text{ л.}$$

Составляем пропорцию:

$$44,8 \text{ л} - 358 \text{ кДж}$$

$$15,68 \text{ л} - X \text{ кДж}$$

$$\text{Отсюда } X = 15,68 \cdot 358 / 44,8 = 125,3 \text{ кДж.}$$

Решить эту задачу можно и другим способом: сначала найти, сколько моль оксида азота(II) содержится в 15,68 л этого газа. А затем, составив пропорцию, найти тепловой эффект.

**Ответ:** 3

**Задание 13.** Определите массу воды, которую надо добавить к 20 г 70%-ного раствора уксусной кислоты для получения 3%-ного раствора уксуса.

Ответ: \_\_\_\_\_ г. (Запишите число с точностью до целых.)

Из условия задачи видно, что существуют два раствора — исходный и конечный, полученный в результате разбавления исходного. Определим массу уксусной кислоты в исходном растворе:  $m_{\text{в}} = 0,7 \cdot 20 = 1,4$  г. Эта же масса вещества будет составлять 3% в конечном растворе. Исходя из этого определим массу конечного раствора:  $m_{\text{р2}} = 1,4 : 0,03 = 46,7$  г. Разность между массами конечного и исходного растворов и будет являться массой добавленной воды:  $46,7 - 20 = 26,7$ . Округляем значение до целых, как требуется в условии, получаем ответ 27.

**Ответ:** 27

**Задание 14.** Объем (н.у.) оксида углерода(IV), который необходимо пропустить через раствор гидроксида кальция для получения 8,1 г гидрокарбоната кальция, равен \_\_\_\_\_ л. (Ответ запишите с точностью до сотых.)

Составляем уравнение реакции:  $2\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . Определяем количество вещества гидрокарбоната кальция:  $8,1 : 162 = 0,05$  моль. В соответствии с уравнением реакции количество вещества оксида углерода(IV) в два раза больше, то есть 0,1 моль. Вычисляем объем оксида углерода(IV):

$$0,1 \cdot 22,4 = 2,24 \text{ л.}$$

**Ответ:** 2,24 л

**Задание 15.** Объем воздуха (н.у.), необходимый для сжигания 32 л (н.у.) угарного газа, равен \_\_\_\_\_ л. (Запишите число с точностью до целых.)

При чтении условия задания обратите внимание на то, что в задаче требуется найти объем воздуха, а не кислорода. Это

означает, что после того, как вы найдете объем кислорода, необходимо учесть, что в воздухе его только 1/5 часть.

Составим уравнение реакции:  $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$

На основании закона объемных отношений газов в химической реакции можем утверждать, что объем кислорода, необходимый для сжигания оксида углерода(II), будет ровно в 2 раза меньше, т.е. составит 16 л. Но, как мы уже заметили, кислорода в воздухе содержится только 1/5 часть, или 21%, поэтому объем воздуха составит  $16/0,21 = 76,19$  л. Округляя до целых, окончательно получаем 76 л. Те, кто в расчете использовал примерную долю кислорода в воздухе (1/5, или 20%), получат ответ  $16/0,2 = 80$  л. И тот и другой ответ (и 76 л, и 80 л) будут признаны в качестве правильных.

*Ответ: 76 л (или 80 л)*

**Задание 16.** Смешали 30 мл 8% -ного раствора ацетата серебра ( $\rho = 1,04$  г/мл) и 24 г 10% -ного раствора  $\text{H}_2\text{S}$ . Масса образовавшегося осадка равна \_\_\_\_\_ г. (Запишите число с точностью до десятых.)

Для решения задачи составим уравнение реакции, т.к. расчеты необходимо вести с учетом коэффициентов:



Найдем массу раствора ацетата серебра, массу ацетата серебра в растворе и его количество:

$$m_{(\text{р-па})} = 30 \cdot 1,04 = 31,2 \text{ г}$$

$$m(\text{AgCH}_3\text{COO}) = 31,2 \cdot 0,08 = 2,5 \text{ г}$$

$$n(\text{AgCH}_3\text{COO}) = 2,5/167 = 0,015 \text{ моль}$$

Вычислим массу и количество вещества сероводорода:

$$m(\text{H}_2\text{S}) = 24 \cdot 0,1 = 2,4 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{S}) = 2,4/32 = 0,075 \text{ моль}$$

Определим, какой реагент в избытке, а какой — полностью вступит в реакцию. По уравнению реакции количество вещества сероводорода должно быть в 2 раза меньше, чем ацетата серебра. По условию же сероводорода дано в 5 раз больше — он в значительном избытке. Следовательно, расчет ве-

дем по ацетату серебра, который полностью вступит в реакцию:

$$n(\text{Ag}_2\text{S}) = 0,5n(\text{AgCH}_3\text{COO}) = 0,5 \cdot 0,015 = 0,0075 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ag}_2\text{S}) = 0,0075 \cdot 248 = 1,86 \text{ г.}$$

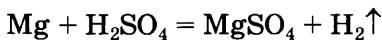
Округлив до десятых (в соответствии с условием), получим ответ **1,9 г**.

*Ответ: 1,9 г*

**Задание 17.** Магний массой 4,8 г растворили в 200 мл 12% -ного раствора серной кислоты ( $\rho = 1,05 \text{ г/мл}$ ). Вычислите массовую долю сульфата магния в конечном растворе.

Рассмотрим этапы решения задачи.

- 1) Составим уравнение химической реакции между магнием и серной кислотой:



- 2) Рассчитаем количества и массы веществ, полученных в ходе реакции:

$$\begin{aligned} n(\text{Mg}) &= n(\text{MgSO}_4) = n(\text{H}_2) = m(\text{Mg})/M(\text{Mg}) = \\ &= 4,8/24 = 0,20 \text{ моль}, \end{aligned}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,05 \cdot 200 \cdot 0,12/98 = 0,26 \text{ моль} — \text{в избытке},$$

$$\begin{aligned} m(\text{MgSO}_4) &= n(\text{MgSO}_4) \cdot M(\text{MgSO}_4) = 0,2 \cdot 120 = 24 \text{ г} \\ m(\text{H}_2) &= n(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ г} \end{aligned}$$

- 3) Вычислим массу раствора серной кислоты:

$$m_1(\text{раствора}) = \rho \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,05 \cdot 200 = 210 \text{ г}$$

$$\begin{aligned} m_2(\text{раствора}) &= m_1(\text{раствора}) + m(\text{Mg}) - m(\text{H}_2) = \\ &= 210 + 4,8 - 0,4 = 214,4 \text{ г} \end{aligned}$$

- 4) В завершение найдем массовую долю сульфата магния в растворе:

$$\begin{aligned} w(\text{MgSO}_4) &= m(\text{MgSO}_4)/m_2(\text{раствора}) = \\ &= 24/214,4 = 0,112 \text{ или } 11,2\%. \end{aligned}$$

*Ответ: 11,2%*

**Задание 18.** При сгорании 9 г бескислородного органического вещества выделилось 2,24 л азота (н.у.). На основании данных условия выполните задания:

- 1) произведите необходимые вычисления;
- 2) установите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) напишите уравнение реакции этого вещества с хлорметаном.

Для решения расчетных задач на установление молекулярных формул веществ полезно знать общие формулы изучаемых в школьном курсе органической химии гомологических рядов, в частности таких:

Гомологический ряд	Общая формула
Алканы	$C_nH_{2n+2}$
Алкены	$C_nH_{2n}$
Алкины	$C_nH_{2n-2}$
Диены	$C_nH_{2n-2}$
Циклоалканы	$C_nH_{2n}$
Арены	$C_nH_{2n-6}$
Моногалогеналканы	$C_nH_{2n+1}Hal$
Дигалогеналканы	$C_nH_{2n}Hal_2$
Одноатомные спирты	$C_nH_{2n+1}OH$
Альдегиды	$C_nH_{2n+1}COH$
Кетоны	$C_nH_{2n+1}CO-C_nH_{2n+1}$
Предельные карбоновые одноосновные кислоты	$C_nH_{2n+1}COOH$
Сложные эфиры	$C_nH_{2n+1}COO-C_nH_{2n+1}$
Простые эфиры	$C_nH_{2n+2}O$
Первичные амины	$C_nH_{2n+1}NH_2$
Аминокислоты	$(NH_2)C_nH_{2n}COOH$

Решая данную задачу, прежде всего, составим схему реакции горения органического вещества. С учетом того, что в ре-

зультате реакции образуется азот, можно утверждать, что вещество относится к азотсодержащим соединениям, например, аминам. Схема реакции позволяет отразить соотношения количества веществ, участвующих в реакции:



1. Из этой схемы видно, что количество вещества амина вдвое превышает количество вещества образовавшегося азота:

$$n(\text{RNH}_2) = 2n(\text{N}_2) = 2 \cdot 2,24/22,4 = 0,2 \text{ моль.}$$

Теперь можно найти молярную массу амина:

$$M(\text{RNH}_2) = m/n = 9/0,2 = 45 \text{ г/моль.}$$

Так как  $M(\text{NH}_2) = 14+2=16$ , то на радикал приходится:

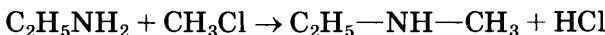
$$M(\text{R}) = 45 - 16 = 29.$$

Таким радикалом может быть только этил  $\text{C}_2\text{H}_5$ .

2. Молекулярная формула амина  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$  (этиламин).

3. Структурная формула  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ .

4. Составляем уравнение реакции этиламина с хлорметаном:



**Задание 19.** При сжигании образца некоторого органического соединения массой 14,8 г получено 35,2 г углекислого газа и 18,0 г воды.

Известно, что относительная плотность паров этого вещества по водороду равна 37. В ходе исследования химических свойств этого вещества установлено, что при взаимодействии этого вещества с оксидом меди(II) образуется кетон.

На основании данных условия выполните задания:

- 1) произведите необходимые вычисления;
- 2) установите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) напишите уравнение реакции этого вещества с оксидом меди(II).

**Решение:**

1) На первом этапе решения найдем количество вещества продуктов сгорания:

$$n(\text{CO}_2) = 35,2 / 44 = 0,8 \text{ моль};$$

следовательно,  $n(\text{C}) = 0,8 \text{ моль}$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 18,0 / 18 = 1 \text{ моль};$$

следовательно  $n(\text{H}) = 1 \cdot 2 = 2 \text{ моль}$

$$m(\text{O}) = 14,8 - 0,8 \cdot 12 - 2 = 3,2 \text{ г};$$

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

2) Определяем молекулярную формулу вещества:

Составлено соотношение количеств веществ атомов, образующих вещество:

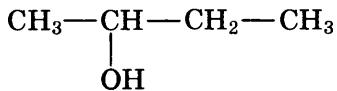
$$x : y : z = 0,8 : 2 : 0,2 = 4 : 10 : 1$$

Простейшая формула вещества:  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ .

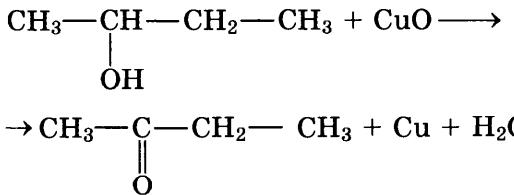
$$M_{\text{ист}}(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = D(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = 37 \cdot 2 = 74 \text{ г/моль};$$

Молекулярная формула исходного вещества  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$

3) Составлена структурная формула вещества:



4) Записано уравнение реакции вещества с оксидом меди(II):



## 4.3. Задания для самостоятельной работы

1. Растворы фруктозы и глюкозы можно различить с помощью

- 1) NaOH
- 2) Cu(OH)<sub>2</sub>
- 3) BaCl<sub>2</sub>
- 4) [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]OH

*Ответ:*

2. Природными полимерами являются

- 1) полиэтилен
- 2) поливинилхлорид
- 3) крахмал
- 4) полистирол
- 5) белки

*Ответ:*

3. В реакцию «серебряного зеркала» вступает каждое из двух веществ:

- 1) этановая кислота
- 2) глюкоза
- 3) этандиол-1,2
- 4) метановая кислота
- 5) сахароза

*Ответ:*

4. С использованием метода «кипящего слоя» в промышленности осуществляют

- 1) синтез аммиака
- 2) синтез метанола
- 3) обжиг колчедана
- 4) окисление оксида серы(IV)

*Ответ:*

5. Верны ли следующие суждения о моющих средствах?

- А. Растворы синтетических моющих средств, как и растворы мыла, имеют щелочную среду.
- Б. Синтетические моющие средства не теряют моющих свойств в жесткой воде.

- 1) верно только А  
2) верно только Б  
3) верны оба суждения  
4) оба суждения неверны

Ответ:

6. Метан является основным компонентом

- 1) нефти  
2) природного газа  
3) попутного нефтяного газа  
4) коксового газа  
5) синтез-газа

Ответ:

7. Взрывчатую смесь с воздухом образуют

- 1)  $\text{Cl}_2$   
2)  $\text{C}_2\text{H}_2$   
3)  $\text{NO}_2$   
4)  $\text{CH}_4$   
5)  $\text{HCl}$

Ответ:

8. Для получения аммиака в лаборатории и в промышленности используют

- 1) хлорид аммония  
2) нитрит аммония  
3) атмосферный азот  
4) анилин  
5) азотную кислоту

Ответ:

**9. К реакциям синтеза высокомолекулярных веществ относится**

- 1) гидратация
- 2) полимеризация
- 3) гидрогенизация
- 4) поликонденсация
- 5) изомеризация

*Ответ:*

**10. Каучук образуется при полимеризации**

- 1) стирола
- 2) изопрена
- 3) бутадиена-1,3
- 4) бутена-2
- 5) этилена

*Ответ:*

**11. Верны ли следующие суждения о правилах обращения с веществами?**

- А. В лаборатории нельзя знакомиться с запахом веществ.  
Б. Соли свинца очень ядовиты.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

*Ответ:*

**12. При производстве аммиака в качестве сырья используется**

- 1) синтез-газ
- 2) метан и воздух
- 3) метан и оксид углерода(II)
- 4) азот и водород

*Ответ:*

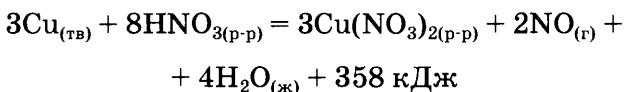
13. Какой объем (н.у.) кислорода потребуется для полного сгорания 10 л (н.у.) ацетилена?

- 1) 20 л                    3) 50 л  
2) 5 л                    4) 25 л

Ответ:

14. Объем (н.у.) углекислого газа, который теоретически образуется при сжигании 11,2 л (н.у.) угарного газа, равен \_\_\_\_\_ л. (Запишите число с точностью до десятых.)

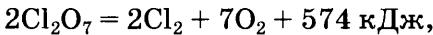
15. Согласно термохимическому уравнению реакции



при получении 15,68 л (н.у.) оксида азота (II) количество выделившейся теплоты будет равно \_\_\_\_ %. (Запишите число с точностью до десятых.)

16. К раствору хлорида кальция массой 140 г с массовой долей 5% добавили 10 г этой же соли. Массовая доля соли в полученном растворе равна \_\_\_\_\_. (Запишите число с точностью до десятых.)

17. В результате реакции, термохимическое уравнение которой



выделилось 5,74 кДж теплоты. Объем (н.у.) получившегося при этом кислорода составил \_\_\_\_\_ л. (Запишите число с точностью до десятых.)

18. Объем (н.у.) водорода, теоретически необходимый для синтеза 100 л (н.у.) аммиака, равен \_\_\_\_\_. л. (Запишите число с точностью до целых.)

19. В соответствии с термохимическим уравнением



1206 кДж теплоты выделяется при горении угля массой \_\_\_\_ г. (Запишите число с точностью до целых.)

20. При обжиге сульфида цинка было получено 0,5 моль оксида цинка. Какой объем (н.у.) оксида серы (IV) образовался в результате этого процесса?

Ответ: \_\_\_\_\_ л. (Запишите число с точностью до десятых.)

21. К раствору нитрата кальция массой 80 г с массовой долей 4% добавили 1,8 г этой же соли. Массовая доля соли в полученном растворе равна \_\_\_\_ %. (Запишите число с точностью до десятых.)

22. 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.)

23. Масса уксусной кислоты, которая содержится в 0,5 л раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$  с массовой долей 80% (плотность 1,1 г/мл), равна \_\_\_\_ г. (Запишите число с точностью до целых.)

24. Какой объем (н.у.) сероводорода выделился при взаимодействии 0,3 моль сульфида железа (II) с избытком соляной кислоты?

Ответ: \_\_\_\_\_ л. (Запишите число с точностью до сотых.)

25. Смешали 300 г раствора с массовой долей соли 20% и 500 г раствора с массовой долей 40%. Массовая доля соли в полученном растворе равна \_\_\_\_ %. (Запишите число с точностью до десятых.)

26. Какая масса брома выделится при взаимодействии 0,3 моль бромида калия с избытком хлора?

Ответ: \_\_\_\_\_ г. (Запишите число с точностью до целых.)

27. К 50 г раствора хлорида кальция с массовой долей 4% добавили 1 г этой же соли и 10 г воды. Массовая доля соли в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %. (Запишите число с точностью до десятых.)

28. Объем (н.у.) газа, выделившегося при растворении 44 г сульфида железа (II) в избытке серной кислоты, равен \_\_\_\_\_ л. (Запишите число с точностью до десятых.)

29. В результате гидратации 89,6 л (н.у.) ацетилена можно получить раствор ацетальдегида с массовой долей 20%. Масса полученного раствора равна \_\_\_\_\_ г. (Запишите число с точностью до целых.)

30. Масса соли, образовавшейся при растворении оксида железа (III) массой 80 г в избытке азотной кислоты, равна \_\_\_\_\_ г. (Запишите число с точностью до целых.)

31. К 100 мл 5%-ного раствора соляной кислоты (плотностью 1,02 г/мл) добавили 6,4 г карбида кальция. Сколько миллилитров 15%-ной азотной кислоты (плотностью 1,08 г/мл) следует добавить к полученной смеси для ее полной нейтрализации?

В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления.

32. В 120 мл раствора азотной кислоты с массовой долей 7% (плотностью 1,03 г/мл) внесли 12,8 г карбида кальция. Сколько миллилитров 20%-ной соляной кислоты (плотностью 1,10 г/мл) следует добавить к полученной смеси для ее полной нейтрализации?

В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления.

**33.** Нитрит калия массой 8,5 г внесли при нагревании в 270 г раствора бромида аммония с массовой долей 12%. Какой объем (н.у.) азота выделится при этом и какова массовая доля бромида аммония в получившемся растворе?

В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления.

**34.** Магний массой 4,8 г растворили в 200 мл 12%-ного раствора серной кислоты ( $\rho = 1,05$  г/мл). Вычислите массовую долю сульфата магния в конечном растворе.

В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления.

**35.** Рассчитайте, какую массу оксида серы(VI) добавили в 2000 мл 8%-ного раствора серной кислоты ( $\rho = 1,06$  г/мл), если массовая доля серной кислоты стала равной 20%.

В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления.

**36.** Некоторый алкин имеет относительную плотность по воздуху 1,862. Известно, что этот алкин взаимодействует с аммиачным раствором оксида серебра(I).

На основании данных условия задания:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) напишите уравнение реакции этого вещества с аммиачным раствором оксида серебра(I).

**37.** Пары некоторого диена имеют относительную плотность по водороду 34. Известно, что при действии небольшого количества брома на диен образуется только одно дибромпроизводное.

На основании данных условия задания:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) напишите уравнение реакции этого вещества с бромной водой (с учетом недостатка брома).

**38.** При сгорании 0,45 г газообразного органического вещества выделилось 0,448 л (н.у.) углекислого газа, 0,63 г воды и 0,112 л (н.у.) азота. Плотность исходного газообразного вещества по азоту 1,607. Известно, что при взаимодействии с азотистой кислотой органическое вещество образует спирт.

На основании данных условия задания:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) напишите уравнение реакции этого вещества с азотистой кислотой.

**39.** Массовая доля кислорода в органическом соединении равна 42,67%. Известно, что это соединение, реагируя с аланином, образует дипептид.

На основании данных условия задания:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) напишите уравнение реакции этого вещества с аланином.

**40.** При полном сгорании углеводорода образовалось 27 г воды и 33,6 л  $\text{CO}_2$  (н.у.). Относительная плотность углеводорода по аргону равна 1,05. Известно, что этот углеводород реагирует с бромоводородом, но не реагирует с водой.

На основании данных условия задания:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) напишите уравнение реакции этого вещества с бромоводородом.

# ПРИМЕРНЫЕ ВАРИАНТЫ ЕГЭ

## ВАРИАНТ 1

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–23 является последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Последовательность цифр записывайте без пробелов, запятых и других дополнительных символов. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.*

1. Электронную конфигурацию  $1s^22s^22p^63s^23p^4$  имеют частицы
  - 1)  $\text{Cl}^+$
  - 2)  $\text{Cl}^-$
  - 3) S
  - 4) Ar
  - 5)  $\text{P}^{3-}$

*Ответ:*

--	--

2. Атомный радиус больше, чем у лития, имеют атомы
  - 1) Ca
  - 2) C
  - 3) N
  - 4) O
  - 5) Na

*Ответ:*

--	--

3. В нитрате калия присутствуют химические связи:

- 1) ионные
- 2) ковалентные полярные
- 3) ковалентные неполярные
- 4) водородные
- 5) металлические

Ответ:

4. Среди перечисленных элементов постоянную степень окисления в соединениях имеют

- |             |         |
|-------------|---------|
| 1) азот     | 4) медь |
| 2) сера     | 5) фтор |
| 3) стронций |         |

Ответ:

5. Немолекулярное строение имеют

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| 1) $\text{SiO}_2$  | 4) $\text{Br}_2$ |
| 2) NO              | 5) $\text{CH}_4$ |
| 3) $\text{BaBr}_2$ |                  |

Ответ:

6. Выберите формулы трех амфотерных оксидов и запишите соответствующие им номера в ячейки ответа:

- 1) BeO
- 2)  $\text{SeO}_3$
- 3)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$
- 4)  $\text{Rb}_2\text{O}$
- 5) CO
- 6)  $\text{Al}_2\text{O}_3$

Ответ:

7. Магний реагирует с:

- 1) CaO
- 2)  $\text{Br}_2$
- 3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- 4) Na
- 5)  $\text{K}_2\text{S}$

Ответ:

8. Оксид алюминия реагирует с

- 1) азотом
- 2) серой
- 3) содой
- 4) щелочью
- 5) поваренной солью

Ответ: 

--	--

9. Гидроксид цинка реагирует с каждым из двух веществ:

- 1)  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{CO}$
- 2)  $\text{HNO}_2$  и  $\text{Cu}$
- 3)  $\text{KOH}$  и  $\text{N}_2\text{O}$
- 4)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и  $\text{HNO}_3$
- 5)  $\text{NaOH}$  и  $\text{H}_3\text{PO}_4$

Ответ: 

--	--

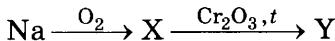
10. Диgidрофосфат калия реагирует с

- 1)  $\text{NaOH}$
- 2)  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- 3)  $\text{H}_3\text{PO}_4$
- 4)  $\text{Cu}$
- 5)  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$

Ответ: 

--	--

11. В заданной схеме превращений



веществами  $X$  и  $Y$  являются:

- 1)  $\text{Na}_2\text{O}$
- 2)  $\text{NaCrO}_2$
- 3)  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$
- 4)  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- 5)  $\text{Na}_2\text{O}_2$

Ответ: 

X	Y

**12.** Все атомы углерода находятся в состоянии  $sp^3$ -гибридизации в молекуле

- |                |              |
|----------------|--------------|
| 1) пропанола-1 | 4) пропаналя |
| 2) пропена     | 5) изобутана |
| 3) пропина     |              |

*Ответ:*

--	--

**13.** Алкены, в отличие от алканов, вступают в реакции

- |                    |  |
|--------------------|--|
| 1) горения         |  |
| 2) галогенирования |  |
| 3) гидрирования    |  |
| 4) дегидрирования  |  |
| 5) гидратации      |  |

*Ответ:*

--	--

**14.** Фенол, в отличие от метанола, реагирует с

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| 1) бромоводородом             |  |
| 2) натрием                    |  |
| 3) раствором гидроксида калия |  |
| 4) этаналем                   |  |
| 5) бромной водой              |  |

*Ответ:*

--	--

**15.** И с метанолом, и с кальцием реагирует

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| 1) пропаналь          |  |
| 2) изопропилацетат    |  |
| 3) муравьиная кислота |  |
| 4) диметиламин        |  |
| 5) бромоводород       |  |

*Ответ:*

--	--

**16.** Метанол образуется при

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| 1) окислении метановой кислоты |  |
| 2) гидролизе бромметана        |  |
| 3) восстановлении метаналя     |  |
| 4) окислении формальдегида     |  |
| 5) гидратации этилена          |  |

*Ответ:*

--	--

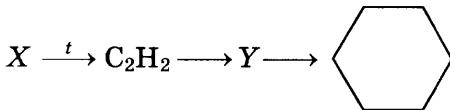
17. Аминоуксусная кислота реагирует с

- |                    |       |
|--------------------|-------|
| 1) HCl             | 4) Cu |
| 2) NH <sub>3</sub> | 5) S  |
| 3) H <sub>2</sub>  |       |

Ответ: 

--	--

18. В данной схеме превращений



веществами X и Y являются:

- 1) карбид алюминия
- 2) этаналь
- 3) карбид кальция
- 4) этанол
- 5) бензол

Ответ: 

X	Y

19. Из предложенного перечня выберите две характеристики реакции взаимодействия железа с соляной кислотой:

- 1) кATALитическая
- 2) обратимая
- 3) экзотермическая
- 4) окислительно-восстановительная
- 5) ионного обмена

Ответ: 

--	--

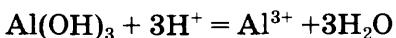
20. Из приведенного списка выберите схему реакции, протекающей при обычных условиях наиболее быстро (A) и наиболее медленно (Б).

- 1) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + HCl
- 2) Fe + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (разб.)
- 3) NaOH (р-р) + HBr (р-р)
- 4) HCl (р-р) + CaCO<sub>3</sub>
- 5) Fe + H<sub>2</sub>O

Ответ: 

А	Б

## 21. Сокращенное ионное уравнение



соответствует растворению гидроксида алюминия в кислоте

- |               |              |
|---------------|--------------|
| 1) плавиковой | 4) фосфорной |
| 2) муравьиной | 5) соляной   |
| 3) азотной    |              |

Ответ: 

--	--

## 22. На открытом пламени газовой горелки нельзя нагревать

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| 1) водный раствор KOH     |  |
| 2) спиртовой раствор KOH  |  |
| 3) раствор ацетата натрия |  |
| 4) тетрахлорид углерода   |  |
| 5) ацетон                 |  |

Ответ: 

--	--

## 23. К процессам первичной переработки нефти относится

- |                 |                        |
|-----------------|------------------------|
| 1) крекинг      | 4) вакуумная перегонка |
| 2) риформинг    | 5) ароматизация        |
| 3) ректификация |                        |

Ответ: 

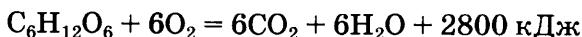
--	--

*Ответом к заданиям 24–26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, соблюдая при этом указанную степень точности. Затем перенесите это число в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

## 24. Рассчитайте, сколько граммов хлорида натрия следует растворить в 200 г 5%-ного раствора соли для получения 7%-ного раствора?

Ответ: \_\_\_\_\_ г (запишите число с точностью до десятых).

**25. В соответствии с термохимическим уравнением**



для получения 280 кДж теплоты потребуется кислород объемом \_\_\_\_\_ л (н.у.). (Запишите ответ с точностью до сотых).

**26. Вычислите массу сернистого газа, образующегося при обжиге 9,6 г сульфида меди(II).**

Ответ: \_\_\_\_\_ г (запишите число с точностью до десятых).

*В заданиях 27–35 к каждому элементу первого столбца подберите соответствующий элемент из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Получившуюся последовательность цифр перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 без пробелов, запятых и других дополнительных символов. Цифры в ответе могут повторяться.*

**27. Установите соответствие между формулой органического соединения и классом (группой), к которому это вещество принадлежит.**

ФОРМУЛА СОЕДИНЕНИЯ	КЛАСС/ГРУППА
A) $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	1) амины
Б) $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	2) аминокислоты
В) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$	3) простые эфиры
Г) $\text{C}_6\text{H}_5—\text{CH}=\text{CH}_2$	4) сложные эфиры 5) углеводороды 6) углеводы

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**28. Установите соответствие между схемой реакции и свойством азота, которое этот элемент проявляет в данной реакции.**

**СХЕМА РЕАКЦИИ**

- А)  $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$   
 Б)  $\text{MgO} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 В)  $\text{N}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{NO} + \text{NO}_2$   
 Г)  $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

**СВОЙСТВО АЗОТА**

- 1) только окислитель  
 2) только восстановитель  
 3) и окислитель,  
     и восстановитель  
 4) ни окислитель,  
     ни восстановитель

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**29.** Установите соответствие между формулой соли и продуктом, выделяющимся на инертном катоде в ходе электролиза водного раствора этой соли.

**ФОРМУЛА СОЛИ**

- А) KF  
 Б)  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$   
 В) NaBr  
 Г) CuSO<sub>4</sub>

**ПРОДУКТ НА КАТОДЕ**

- 1) калий  
 2) магний  
 3) натрий  
 4) медь  
 5) кислород  
 6) водород

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**30.** Установите соответствие между формулой соли и средой ее водного раствора.

**ФОРМУЛА СОЛИ**

- А)  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$   
 Б)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$   
 В) KF  
 Г)  $\text{NH}_4\text{Cl}$

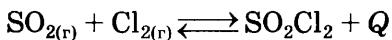
**СРЕДА РАСТВОРА**

- 1) нейтральная  
 2) кислая  
 3) щелочная

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**31.** Установите соответствие между способом воздействия на равновесную систему



и направлением смещения химического равновесия в результате этого воздействия:

ВОЗДЕЙСТВИЕ  
НА СИСТЕМУ

НАПРАВЛЕНИЕ  
СМЕЩЕНИЯ  
ХИМИЧЕСКОГО  
РАВНОВЕСИЯ

- |                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| A) уменьшение давления           | 1) в сторону продуктов      |
| Б) добавление катализатора       | реакции                     |
| В) увеличение температуры        | 2) в сторону исходных       |
| Г) уменьшение концентрации хлора | веществ                     |
|                                  | 3) практически не смещается |

*Ответ:*

A	B	V	G

**32.** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых это вещество может реагировать.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА  
А) C  
Б) CO<sub>2</sub>  
В) SnBr<sub>2</sub>  
Г) Sn(OH)<sub>2</sub>

РЕАГЕНТЫ  
1) AgNO<sub>3</sub>, Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Cl<sub>2</sub>  
2) SrO, H<sub>2</sub>O, Ba(OH)<sub>2</sub>  
3) H<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
4) HBr, LiOH, HCOOH  
5) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, BaCl<sub>2</sub>, CuO

*Ответ:*

A	B	V	G

**33.** Установите соответствие между названиями взаимодействующих веществ и признаком химической реакции, протекающей между ними.

## НАЗВАНИЯ ВЕЩЕСТВ

- А) циклогексен  
и бромная вода  
Б) бутен-2 и  $\text{KMnO}_4$  ( $\text{H}^+$ )  
В) уксусная кислота  
и гидроксид калия  
Г) гидроксид алюминия  
и уксусная кислота

Ответ:

A	Б	В	Г

## ПРИЗНАК РЕАКЦИИ

- выделение газа
- обесцвечивание раствора
- образование осадка
- растворение осадка
- видимые признаки  
реакции отсутствуют

34. Установите соответствие между схемой реакции и формулой органического продукта, преимущественно образующегося в ходе реакции.

### СХЕМА РЕАКЦИИ

- А)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{KMnO}_4, \text{H}_2\text{O}}$   
Б)  $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)_2 \xrightarrow{\text{Br}_2}$   
В)  $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{кат.}}$   
Г)  $\text{C}_6\text{H}_{12} \xrightarrow{\text{кат.}}$

Ответ:

A	Б	В	Г

### ФОРМУЛА ПРОДУКТА

- $\text{CO}_2$
- $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$
- $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{Br}$
- $\text{CH}_3-\text{CBr}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3$
- $\text{C}_6\text{H}_{12}$
- $\text{C}_6\text{H}_6$

35. Установите соответствие между схемой реакции и названием органического продукта, преимущественно образующегося в ходе реакции.

### СХЕМА РЕАКЦИИ

- А)  $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$   
Б)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COONa} + \text{NaOH} \xrightarrow{t^\circ}$   
В)  $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$   
Г)  $\text{HCHO} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$

Ответ:

A	Б	В	Г

### НАЗВАНИЕ ПРОДУКТА

- этан
- метановая кислота
- этановая кислота
- угарный газ
- углекислый газ
- метанол

## Часть 2

Для записи ответов на задания 36–40 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (36, 37 и т.д.), а затем его подробное решение. Ответы записывайте четко и разборчиво.

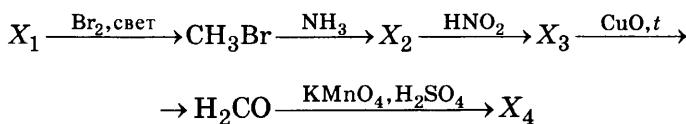
36. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции



Определите окислитель и восстановитель.

37. Металлическую медь нагрели с оксидом меди(II), при этом образовалось соединение красного цвета. Это соединение обработали концентрированной серной кислотой при нагревании. Получившаяся соль прореагировала с раствором иодида калия. Образовавшееся при этом простое вещество обработали раствором тиосульфата натрия. Напишите уравнения четырех описанных реакций.

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



При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

39. Определите массовые доли сульфида калия и сульфида алюминия в смеси, если при обработке 40 г этой смеси водой выделился газ, который полностью прореагировал с 480 г 20%-ного раствора сульфата меди(II).

**40.** Некоторое органическое соединение массой 5,8 г, взаимодействуя с гидроксидом меди(II), при нагревании образовало 14,4 г осадка оксида меди(I). Указанное органическое соединение вступает в реакции присоединения гидросульфита натрия и этанола. На основании этих данных:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) приведите уравнение реакции его взаимодействия с гидроксидом меди(II).

## ВАРИАНТ 2

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–23 является последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Последовательность цифр записывайте без пробелов, запятых и других дополнительных символов. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.*

1. Электронную конфигурацию  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  имеют частицы

- 1)  $\text{Cl}^+$
- 2)  $\text{Cl}^-$
- 3) S
- 4) Ar
- 5)  $\text{Fe}^{3+}$

Ответ: 

--	--

2. В ряду элементов  $\text{Na} \rightarrow \text{Mg} \rightarrow \text{Al} \rightarrow \text{Si}$  увеличивается

- 1) число электронных уровней
- 2) число внешних электронов
- 3) радиус атомов
- 4) металлические свойства
- 5) электроотрицательность

Ответ: 

--	--

3. В бромиде аммония присутствуют химические связи:

- 1) ионные
- 2) ковалентные неполярные
- 3) ковалентные полярные
- 4) водородные
- 5) металлические

Ответ: 

--	--

4. Одинаковую степень окисления углерод проявляет в соединениях

- 1)  $\text{CH}_4$  и  $\text{CCl}_4$
- 2)  $\text{Al}_4\text{C}_3$  и  $\text{CH}_4$
- 3)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{CH}_2\text{O}$
- 4)  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$
- 5)  $\text{CO}_2$  и  $\text{COF}_2$

Ответ:

5. Молекулярное строение имеют

- 1)  $\text{CO}_2$
- 2)  $\text{NO}$
- 3)  $\text{BaBr}_2$

- 4)  $\text{CaCl}_2$
- 5)  $\text{KNO}_3$

Ответ:

6. Выберите формулы трех основных оксидов и запишите соответствующие им номера в ячейки ответа:

- 1)  $\text{BaO}$
- 2)  $\text{SO}_2$
- 3)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$

- 4)  $\text{Cs}_2\text{O}$
- 5)  $\text{CO}$
- 6)  $\text{RaO}$

Ответ:

7. При комнатной температуре протекает реакция между железом и

- 1) концентрированной азотной кислотой
- 2) концентрированной серной кислотой
- 3) раствором хлорида железа(III)
- 4) раствором нитрата бария(II)
- 5) разбавленной соляной кислотой

Ответ:

8. С раствором гидроксида бария реагирует

- 1) оксид фосфора(V)
- 2) оксид меди(II)
- 3) оксид азота(II)
- 4) оксид магния
- 5) оксид цинка

Ответ:

9. Гидроксид бария реагирует с каждым из двух веществ:

- 1)  $\text{NH}_3$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$
- 2)  $\text{HNO}_3$  и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- 3)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{Li}_2\text{O}$
- 4)  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и  $\text{NaF}$
- 5)  $\text{HBr}$  и  $\text{Cl}_2$

Ответ: 

--	--

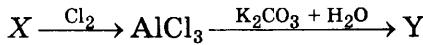
10. Как с хлором, так и с нитратом серебра может реагировать

- 1) иодид бария
- 2) сульфид цинка
- 3) фторид натрия
- 4) кислород
- 5) сульфид натрия

Ответ: 

--	--

11. В данной схеме превращений



веществами  $X$  и  $Y$  являются:

- 1)  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- 2) Al
- 3)  $\text{Al}(\text{OH})_3$
- 4)  $\text{KAlO}_2$
- 5)  $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$

Ответ: 

X	Y

12. Изомером пропанола-2 является

- 1) бутанол-2
- 2) метилэтиловый эфир
- 3) пропаналь
- 4) пропановая кислота
- 5) пропанол-1

Ответ: 

--	--

**13.** Толуол реагирует с каждым из двух веществ:

- 1) Fe и CH<sub>4</sub>
- 2) H<sub>2</sub>O и Br<sub>2</sub>
- 3) Br<sub>2</sub> и C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>
- 4) HNO<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>
- 5) CH<sub>3</sub>Cl и Br<sub>2</sub>

*Ответ:*

--	--

**14.** Глицерин проявляет более сильные кислотные свойства, чем

- 1) фенол
- 2) этанол
- 3) угольная кислота
- 4) тринитрофенол
- 5) вода

*Ответ:*

--	--

**15.** Как муравьиная, так и масляная кислота реагируют с

- 1) этаном
- 2) этаналем
- 3) этанолом
- 4) ацетоном
- 5) бромом

*Ответ:*

--	--

**16.** Этилат калия образуется при взаимодействии

- 1) этановой кислоты и калия
- 2) этилового спирта и калия
- 3) этановой кислоты и оксида калия
- 4) этилового спирта и хлорида калия
- 5) этанола и гидроксида калия

*Ответ:*

--	--

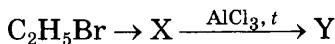
**17.** Глицин реагирует с

- 1) бромидом аммония
- 2) углекислым газом
- 3) муравьиной кислотой
- 4) сульфатом калия
- 5) гидроксидом калия

*Ответ:*

--	--

### 18. В заданной схеме превращений



веществами  $\text{X}$  и  $\text{Y}$  являются:

- |                |                |
|----------------|----------------|
| 1) хлорэтан    | 4) метилпропан |
| 2) бутан       | 5) 2-хлорбутан |
| 3) 1-хлорбутан |                |

Ответ:

X	Y

### 19. Из предложенного перечня выберите две характеристики реакции взаимодействия натрия с водой.

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1) каталитическая                 |  |
| 2) обратимая                      |  |
| 3) экзотермическая                |  |
| 4) окислительно-восстановительная |  |
| 5) ионного обмена                 |  |

Ответ:

--	--

### 20. Из приведенного списка выберите схему реакции, протекающей при обычных условиях наиболее быстро (А) и наиболее медленно (Б).

- |   |  |
|---|--|
| 1) $\text{Fe} + \text{HCl}$ (разб.)             |  |
| 2) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (конц.)  |  |
| 3) $\text{Na} + \text{HNO}_3$ (р-р)             |  |
| 4) $\text{HCl}$ (р-р) + $\text{CaCO}_3$         |  |
| 5) $\text{FeO} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (разб.) |  |

Ответ:

A	B

### 21. Нитрат-ионы образуются в процессе электролитической диссоциации вещества, формула которого

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$        |  |
| 2) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ |  |
| 3) $\text{HNO}_2$                    |  |
| 4) $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$        |  |
| 5) $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_3$ |  |

Ответ:

--	--

**22.** Пожароопасным является каждое из двух веществ:

- 1)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  и  $\text{C}_3\text{H}_8$
- 2)  $\text{N}_2$  и  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$
- 3)  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{CCl}_4$
- 4)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$  и  $\text{CO}$
- 5)  $\text{C}_2\text{H}_4$  и  $\text{C}_2\text{F}_6$

*Ответ:*

--	--

**23.** Без участия катализатора в промышленности осуществляют

- 1) обжиг колчедана
- 2) окисление  $\text{SO}_2$
- 3) окисление  $\text{NO}$
- 4) синтез аммиака
- 5) синтез метанола

*Ответ:*

--	--

*Ответом к заданиям 24–26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, соблюдая при этом указанную степень точности. Затем перенесите это число в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

**24.** Смешали 120 г 8%-ного раствора сульфата калия и 60 мл воды. Чему равна массовая доля соли в полученном растворе?

Ответ: \_\_\_\_\_ % (запишите число с точностью до десятых).

**25.** При горении 11 л этана в кислороде выделится \_\_\_\_\_ л (н.у.) углекислого газа. (Запишите ответ с точностью до целых.)

**26.** Вычислите массу сероводорода, образующегося при гидролизе 15 г сульфида алюминия.

Ответ: \_\_\_\_\_ г (запишите число с точностью до десятых).

*В заданиях 27–35 к каждому элементу первого столбца подберите соответствующий элемент из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Получившуюся последовательность цифр перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 без пробелов, запятых и других дополнительных символов. Цифры в ответе могут повторяться.*

**27.** Установите соответствие между названием класса и названием вещества, принадлежащего к этому классу.

**КЛАСС ВЕЩЕСТВА**

- А) одноатомные спирты
- Б) многоатомные спирты
- В) углеводороды
- Г) углеводы

**НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА**

- 1) крахмал
- 2) анилин
- 3) этаноль
- 4) пентанол-2
- 5) стирол
- 6) глицерин

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**28.** Установите соответствие между схемой реакции и свойством фтора, которое этот элемент проявляет в данной реакции.

**СХЕМА РЕАКЦИИ**

- А)  $\text{HCl} + \text{F}_2 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{HF}$
- Б)  $\text{HF} + \text{Al} \rightarrow \text{AlF}_3 + \text{H}_2$
- В)  $\text{SiO}_2 + \text{HF} \rightarrow \text{SiF}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- Г)  $\text{KOH} + \text{F}_2 \rightarrow \text{KF} + \text{H}_2\text{O} + \text{OF}_2$

**СВОЙСТВО ФТОРА**

- 1) только окислитель
- 2) только восстановитель
- 3) и окислитель, и восстановитель
- 4) ни окислитель, ни восстановитель

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**29.** Установите соответствие между формулой соли и продуктом, выделяющимся на инертном катоде в ходе электролиза водного раствора этой соли.

**ФОРМУЛА СОЛИ**

- А) KF  
Б) Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>  
В) FeBr<sub>2</sub>  
Г) AgNO<sub>3</sub>

**ПРОДУКТ  
НА КАТОДЕ**

- 1) только водород  
2) только металл  
3) водород и металл

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**30.** Установите соответствие между формулой соли и отношением ее к гидролизу.

**ФОРМУЛА СОЛИ**

- А) Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>  
Б) NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>  
В) CsNO<sub>2</sub>  
Г) CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>

**ОТНОШЕНИЕ  
К ГИДРОЛИЗУ**

- 1) гидролизуется по катиону  
2) гидролизуется по аниону  
3) гидролизуется по катиону  
и по аниону  
4) не гидролизуется

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**31.** Установите соответствие между способом воздействия на равновесную систему



и направлением смещения химического равновесия в результате этого воздействия:

**ВОЗДЕЙСТВИЕ  
НА СИСТЕМУ**

**НАПРАВЛЕНИЕ  
СМЕЩЕНИЯ  
ХИМИЧЕСКОГО  
РАВНОВЕСИЯ**

- |                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| A) увеличение концентрации хлора | 1) в сторону продуктов реакции |
| Б) добавление катализатора       | 2) в сторону исходных веществ  |
| В) уменьшение температуры        | 3) практически не смещается    |
| Г) увеличение давления           |                                |

*Ответ:*

A	Б	В	Г

32. Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых это вещество может реагировать.

**ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА**

- A) Fe  
Б)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$   
В)  $\text{CaBr}_2$   
Г)  $\text{Pb}(\text{OH})_2$

**РЕАГЕНТЫ**

- 1)  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Cl}_2$   
2)  $\text{SrO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$   
3)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{O}_2$   
4)  $\text{HCl}$ ,  $\text{RbOH}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$   
5)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{CuO}$

*Ответ:*

A	Б	В	Г

33. Установите соответствие между формулами веществ и реагентом, позволяющим их различить.

**ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВ**

- А)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  и  $\text{CH}\equiv\text{CH}$   
Б)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  и  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$   
В)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  и  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$   
Г)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  и  $\text{C}_4\text{H}_{10}$

**РЕАКТИВ**

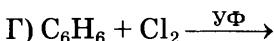
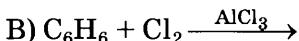
- 1)  $\text{H}_3\text{PO}_4$   
2)  $\text{K}_3\text{PO}_4$   
3)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$   
4)  $\text{Br}_2$ (водн.)  
5)  $\text{Ag}_2\text{O}$  (р-р  $\text{NH}_3$ )

*Ответ:*

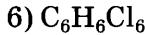
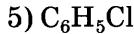
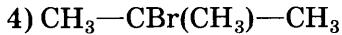
A	Б	В	Г

**34.** Установите соответствие между схемой реакции и формулой органического продукта, преимущественно образующегося в ходе реакции.

**СХЕМА РЕАКЦИИ**



**ФОРМУЛА ПРОДУКТА**



	А	Б	В	Г
Ответ:				

**35.** Установите соответствие между схемой реакции и названием органического продукта, преимущественно образующегося в ходе реакции.

**СХЕМА РЕАКЦИИ**



**НАЗВАНИЕ ПРОДУКТА**

1) бутират натрия

2) пропанон

3) угарный газ

4) углекислый газ

5) этилат натрия

6) ацетат натрия

	А	Б	В	Г
Ответ:				

## Часть 2

Для записи ответов на задания 36–40 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (36, 37 и т.д.), а затем его подробное решение. Ответы записывайте четко и разборчиво.

**36.** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции

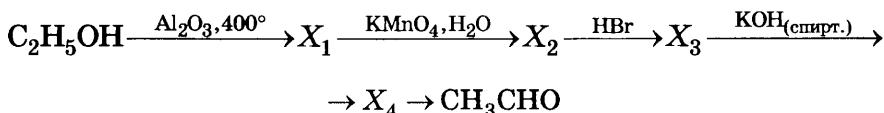


Определите окислитель и восстановитель.

**37.** Над оксидом меди(II) при нагревании пропустили водород.

Образовавшееся в результате простое вещество обработали разбавленной азотной кислотой. К полученному раствору добавили раствор сульфида калия, а выпавший осадок растворили в концентрированной азотной кислоте. Напишите уравнения четырех описанных реакций.

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



При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

**39.** Смесь порошков кремния и алюминия обработали избытком соляной кислоты, при этом выделилось 0,224 л газа. Если такую же навеску смеси обработать избытком раствора гидроксида натрия, то выделяется 0,336 л газа. Определите массовую долю кремния в исходной смеси.

**40.** При сгорании 4,6 г органического вещества образуется 8,8 г углекислого газа и 5,4 г воды. Указанное вещество газообразно при н.у., не реагирует с металлическим натрием и может быть получено дегидратацией спирта. На основании этих данных:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) приведите уравнение реакции его получения из спирта.

# ВАРИАНТ 3

## Часть 1

*Ответами к заданиям 1–23 является последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Последовательность цифр записывайте без пробелов, запятых и других дополнительных символов. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.*

1. Неспаренные электроны в основном состоянии присутствуют в частицах

- |       |                    |
|-------|--------------------|
| 1) Mg | 4) Ne              |
| 2) F  | 5) P <sup>3-</sup> |
| 3) S  |                    |

*Ответ:*

--	--

2. В периоде с увеличением порядкового номера элемента уменьшается

- |   |  |
|---|--|
| 1) атомный радиус                           |  |
| 2) кислотность соответствующих оксидов      |  |
| 3) электроотрицательность элементов         |  |
| 4) неметаллические свойства простых веществ |  |
| 5) основность гидроксидов                   |  |

*Ответ:*

--	--

3. Одна из связей, образованная по донорно-акцепторному механизму, присутствует в

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1) H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> |  |
| 2) HNO <sub>3</sub>              |  |
| 3) CO                            |  |
| 4) CO <sub>2</sub>               |  |
| 5) CaO                           |  |

*Ответ:*

--	--

4. Одинаковую степень окисления азот проявляет в веществах, формулы которых

- 1)  $\text{NH}_3$  и  $\text{Mg}_3\text{N}_2$
- 2)  $\text{HNO}_3$  и  $\text{KNO}_2$
- 3)  $\text{NO}$  и  $\text{HNO}_2$
- 4)  $\text{NO}_2$  и  $\text{KNO}_2$
- 5)  $\text{NOF}$  и  $\text{HNO}_2$

Ответ: 

--	--

5. Молекулярное строение имеют

- 1)  $\text{SiO}_2$
- 2)  $\text{KCl}$
- 3)  $\text{O}_3$
- 4)  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$
- 5)  $\text{MgO}$

Ответ: 

--	--

6. Выберите формулы трех веществ, относящихся к классу кислот, и запишите соответствующие им номера в ячейки ответа

- 1)  $\text{H}_3\text{C}-\text{OH}$
- 2)  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$
- 3)  $\text{HAIO}_2$
- 4)  $\text{H}_3\text{N}$
- 5)  $\text{HF}$
- 6)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$

Ответ: 

--	--	--

7. Как сера, так и калий реагируют с

- 1) алюминием
- 2) оксидом углерода(II)
- 3) водородом
- 4) оксидом натрия
- 5) азотной кислотой

Ответ: 

--	--

8. Оксид цинка реагирует с

- 1) оксидом натрия
- 2) оксидом углерода(IV)
- 3) углеродом
- 4) серебром
- 5) азотом

Ответ: 

--	--

**9. Гидроксид калия реагирует с каждым из двух веществ:**

- 1)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Zn}(\text{OH})_2$
- 2)  $\text{HNO}_3$  и С
- 3)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и Pb
- 4) CO и HF
- 5)  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$

*Ответ:*

--	--

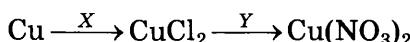
**10. Гидрокарбонат калия можно перевести в карбонат калия действием**

- 1) NaOH
- 2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- 3)  $\text{H}_2\text{CO}_3$
- 4) CO
- 5) KOH

*Ответ:*

--	--

**11. В данной схеме превращений**



**Веществами X и Y являются:**

- 1)  $\text{Cl}_2$
- 2)  $\text{AgNO}_3$
- 3) HCl (разб.)
- 4) HCl (конц.)
- 5)  $\text{HNO}_3$  (разб.)

*Ответ:*

X	Y

**12. Изомером гексена-2 являются**

- 1) 2,3-диметилпентен-1
- 2) 2,3-диметилбутадиен-1,3
- 3) 3-метилпентин-1
- 4) 1,3-диметилциклогексан
- 5) 3-метилпентен-2

*Ответ:*

--	--

**13. С аммиачным раствором оксида серебра реагирует**

- |                 |             |
|-----------------|-------------|
| 1) бутин-1      | 4) изопрен  |
| 2) бутин-2      | 5) ацетилен |
| 3) бутадиен-1,2 |             |

*Ответ:*

**14. С пропанолом-1 реагирует каждое из двух веществ:**

- |                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| 1) бутен и изобутан      | 4) изопропен         |
| 2) пропин и этен         | 5) ацетилен и железо |
| 3) натрий и бромоводород |                      |

5) оксид меди(II) и этаналь

*Ответ:*

**15. И с гидроксидом меди(II), и с гидрокарбонатом натрия реагирует**

- |   |  |
|---|--|
| 1) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$                      | 4) $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$             |
| 2) $\text{HCOOH}$                                       | 5) $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ |
| 3) $\text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$ |  |

*Ответ:*

**16. Этанол можно получить в результате реакции**

- |                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| 1) окисления этаналя     | 4) гидратации этена     |
| 2) гидролиза этилацетата | 5) гидрирования этилена |
| 3) гидролиза этилацетата |                         |

5) окисления этана

*Ответ:*

**17. Аланин в отличие от уксусной кислоты реагирует с**

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| 1) гидроксидом кальция | 4) аммиаком        |
| 2) натрием             | 5) серной кислотой |
| 3) хлороводородом      |                    |

*Ответ:*

**18. В заданной схеме превращений**



веществами  $X$  и  $Y$  являются:

- 1) хлорэтан
- 2) этилен
- 3) 1-хлорбутан
- 4) метилпропан
- 5) 2-хлорбутан

Ответ:

X	Y

**19. Из предложенного перечня выберите две характеристики реакции взаимодействия железа с хлоридом меди(II).**

- 1) катализитическая
- 2) обратимая
- 3) эндотермическая
- 4) окислительно-восстановительная
- 5) замещения

Ответ:

--	--

**20. Из приведенного списка выберите схему реакции, протекающей при обычных условиях наиболее быстро (A) и наименее медленно (B).**

- 1)  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
- 2)  $\text{K} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
- 3)  $\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
- 4)  $\text{Mg} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
- 5)  $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

Ответ:

A	B

**21. К слабым электролитам относится каждое из двух веществ**

- 1)  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{H}_2\text{CO}_3$
- 2)  $\text{CsOH}$  и  $\text{HClO}_3$
- 3)  $\text{RbOH}$  и  $\text{HI}$
- 4)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и  $\text{HCOOH}$
- 5)  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  и  $\text{HClO}$

Ответ:

--	--

**22. Растворы сахарозы и глюкозы можно отличить с помощью**

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1) $\text{Ca}(\text{OH})_2$        | 4) $\text{Cu}(\text{OH})_2$              |
| 2) $\text{CH}_3\text{COOH}$        | 5) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ |
| 3) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ |  |

*Ответ:*

--	--

**23. В присутствии катализатора в промышленности осуществляют**

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| 1) синтез хлороводорода       |  |
| 2) синтез аммиака             |  |
| 3) алкилирование аренов       |  |
| 4) ректификацию сырой нефти   |  |
| 5) поглощение оксида серы(VI) |  |

*Ответ:*

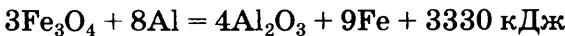
--	--

*Ответом к заданиям 24–26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, соблюдая при этом указанную степень точности. Затем перенесите это число в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

**24. В 200 г 8%-ного раствора нитрата калия добавили 10 г соли и 40 г воды. Чему равна массовая доля соли в полученном растворе?**

Ответ: \_\_\_\_\_ % (запишите число с точностью до десятых).

**25. В результате реакции, термохимическое уравнение которой:**



выделилось 66,6 кДж теплоты. Масса использованного алюминия составила \_\_\_\_ г. (Запишите ответ с точностью до сотых).

**26.** Вычислите массу кислорода, необходимого для полного сжигания 4,4 г пропана.

Ответ: \_\_\_\_\_ г (запишите число с точностью до целых).

*В заданиях 27–35 к каждому элементу первого столбца подберите соответствующий элемент из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Получившуюся последовательность цифр перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 без пробелов, запятых и других дополнительных символов. Цифры в ответе могут повторяться.*

**27.** Установите соответствие между названием вещества и общей формулой класса, к которому это вещество принадлежит.

**НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА**

- А) изобутан  
Б) дивинил  
В) этин  
Г) 2,3-диметилгексан

**ОБЩАЯ ФОРМУЛА**

- 1)  $C_nH_{2n+2}$   
2)  $C_nH_{2n}$   
3)  $C_nH_{2n-2}$   
4)  $C_nH_{2n-4}$   
5)  $C_nH_{2n-6}$

A	Б	В	Г

**28.** Установите соответствие между схемой реакции и свойством хлора, которое этот элемент проявляет в данной реакции.

**СХЕМА РЕАКЦИИ**

- А)  $HCl + F_2 \rightarrow Cl_2 + HF$   
Б)  $KOH + Cl_2 \rightarrow KCl + KClO_3 + H_2O$   
В)  $MnO_2 + HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$   
Г)  $HCl + CaCO_3 \rightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$

**СВОЙСТВО ХЛОРА**

- 1) только окислитель  
2) только восстановитель  
3) и окислитель, и восстановитель  
4) ни окислитель, ни восстановитель

A	Б	В	Г

**29.** Установите соответствие между формулой соли и продуктом, выделяющимся на аноде в ходе электролиза водного раствора этой соли.

**ФОРМУЛА СОЛИ**

- А) KF  
Б) Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>  
В) NaBr  
Г) Cs<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**ПРОДУКТ НА АНОДЕ**

- 1) фтор  
2) кислород  
3) бром  
4) азот  
5) сернистый газ  
6) водород

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**30.** Установите соответствие между формулой соли и отношением ее к гидролизу.

**ФОРМУЛА СОЛИ**

- А) K<sub>2</sub>S  
Б) Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>  
В) KNO<sub>3</sub>  
Г) NH<sub>4</sub>F

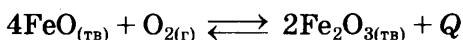
**ОТНОШЕНИЕ К ГИДРОЛИЗУ**

- 1) гидролизуется по катиону  
2) гидролизуется по аниону  
3) гидролизуется по катиону и по аниону  
4) не гидролизуется

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**31.** Установите соответствие между способом воздействия на равновесную систему



и направлением смещения химического равновесия в результате этого воздействия:

## ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СИСТЕМУ

## НАПРАВЛЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

- А) уменьшение давления  
Б) добавление катализатора  
В) увеличение температуры  
Г) уменьшение  
концентрации кислорода

- 1) в сторону продуктов  
реакции  
2) в сторону исходных  
веществ  
3) практически не смещается

Ответ:

A	Б	В	Г

32. Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых это вещество может реагировать.

### ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА

- А)  $P_4$   
Б)  $P_2O_5$   
В)  $CaI_2$   
Г)  $Fe(OH)_3$

### РЕАГЕНТЫ

- 1)  $NaOH$ ,  $H_2O$ ,  $CaO$   
2)  $AgNO_3$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $Br_2$   
3)  $CH_3COOH$ ,  $HCl$ ,  $NaOH$   
4)  $H_2SO_4$ ,  $NaNO_3$ ,  $HBr$   
5)  $O_2$ ,  $KOH$ ,  $Br_2$

Ответ:

A	Б	В	Г

33. Установите соответствие между формулами веществ и реагентом, позволяющим их различить.

### ВЕЩЕСТВА

- А)  $MgSO_4$  и  $MgCl_2$   
Б)  $Na_2SO_4$  и  $Al_2(SO_4)_3$   
В)  $NH_3$  (р-р) и  $NH_4Cl$   
Г)  $HNO_3$  (р-р) и  $HCl$  (р-р)

### РЕАКТИВ

- 1)  $H_2O$   
2) Фенолфталеин (р-р)  
3)  $Ba(NO_3)_2$   
4)  $Cu$   
5)  $Na_3PO_4$

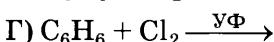
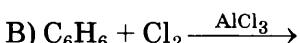
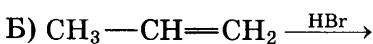
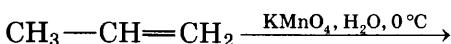
Ответ:

A	Б	В	Г

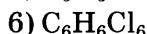
**34.** Установите соответствие между схемой реакции и формулой органического продукта, преимущественно образующегося в ходе реакции.

**СХЕМА РЕАКЦИИ**

А)



**ФОРМУЛА ПРОДУКТА**

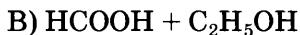


Ответ:

A	Б	В	Г

**35.** Установите соответствие между схемой реакции и названием органического продукта, преимущественно образующегося в ходе реакции.

**СХЕМА РЕАКЦИИ**



**НАЗВАНИЕ ПРОДУКТА**

1) формиат цинка

2) этилформиат

3) ацетат цинка

4) пропионат цинка

5) этилбутират

6) метилацетат

Ответ:

A	Б	В	Г

**Часть 2**

*Для записи ответов на задания 36–40 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (36, 37 и т.д.), а затем его подробное решение. Ответы записывайте четко и разборчиво.*

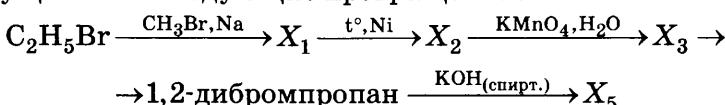
**36.** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции



Определите окислитель и восстановитель.

**37.** Аммиак окислили кислородом в присутствии платины как катализатора. Полученное при этом вещество прореагировало с кислородом, при этом образовался бурый газ. Газ поглотили раствором гидроксида натрия. Одно из полученных при этом веществ прореагировало с раствором, содержащим перманганат калия и гидроксид калия. Напишите уравнения четырех описанных реакций.

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



При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

**39.** Навеска смеси двух солей — гидросульфата натрия и сульфата натрия с массовой долей сульфата в ней 60% — может вступить в реакцию с 70 мл 10%-го раствора гидроксида натрия ( $\rho = 1,11 \text{ г/мл}$ ). На такую же навеску подействовали избытком раствора гидроксида стронция. Найдите массу осадка, образовавшегося при этом.

**40.** При сгорании 11,6 г органического вещества образуется 13,44 л углекислого газа и 10,8 г воды. Плотность паров этого вещества по воздуху равна 2. Установлено, что это вещество взаимодействует с аммиачным раствором оксида серебра, каталитически восстанавливается водородом с образованием первичного спирта и способно окисляться подкисленным раствором перманганата калия до карбоновой кислоты. На основании этих данных:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) приведите уравнение реакции его взаимодействия с водородом.

## ВАРИАНТ 4

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–23 является последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Последовательность цифр записывайте без пробелов, запятых и других дополнительных символов. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.*

1. Неспаренные электроны в основном состоянии отсутствуют в атомах

- 1) Al
- 2) N
- 3) Ar
- 4) Mg
- 5) C

*Ответ:*

--	--

2. Атомный радиус меньше, чем у кремния, имеют элементы

- 1) Al
- 2) S
- 3) C
- 4) Mg
- 5) Ge

*Ответ:*

--	--

3. Водородные связи характерны для

- 1) NH<sub>3</sub>
- 2) H<sub>2</sub>
- 3) CH<sub>4</sub>
- 4) H<sub>2</sub>CO
- 5) CH<sub>3</sub>OH

*Ответ:*

--	--

**4. Атом азота трехвалентен в соединениях**

- 1)  $\text{N}_2\text{O}_5$
- 2)  $\text{N}_2$
- 3) NO
- 4)  $\text{NH}_3$
- 5)  $\text{NH}_4\text{Cl}$

*Ответ:*

**5. Молекулярное строение имеет каждое из двух веществ**

- 1)  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  и  $\text{H}_2\text{O}$
- 2)  $\text{CO}_2$  и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- 3)  $\text{P}_2\text{O}_3$  и  $\text{KHCO}_3$
- 4)  $\text{C}_3\text{H}_8$  и  $\text{FeS}$
- 5)  $\text{C}_2\text{H}_6$  и  $\text{NH}_3$

*Ответ:*

**6. Из приведенных веществ выберите три амфотерных гидроксида**

- 1)  $\text{Be}(\text{OH})_2$
- 2)  $\text{Sr}(\text{OH})_2$
- 3)  $\text{Cr}(\text{OH})_2$
- 4)  $\text{Cr}(\text{OH})_3$
- 5)  $\text{LiOH}$
- 6)  $\text{Zn}(\text{OH})_2$

*Ответ:*

**7. Сера может реагировать с**

- |                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| 1) $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ | 4) $\text{K}_2\text{SO}_3$ |
| 2) $\text{CO}_2$                   | 5) HCl                     |
| 3) $\text{H}_2\text{SO}_4$         |                            |

*Ответ:*

**8. Оксид хрома(III) взаимодействует с**

- 1) водой при обычных условиях
- 2) карбонатом калия при нагревании
- 3) азотом при нагревании
- 4) натрием при обычных условиях
- 5) серной кислотой при нагревании

*Ответ:*

9. Гидроксид алюминия реагирует с каждым из двух веществ:

- 1)  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$
- 2)  $\text{HNO}_3$  и С
- 3)  $\text{HCl}$  и  $\text{LiOH}$
- 4)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и  $\text{HF}$
- 5)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{Pb}$

Ответ: 

--	--

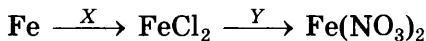
10. Сульфит натрия реагирует с каждым из двух веществ:

- 1)  $\text{KOH}$  и  $\text{CO}_2$
- 2)  $\text{HNO}_3$  и С
- 3)  $\text{HCl}$  и  $\text{LiOH}$
- 4)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и  $\text{HF}$
- 5)  $\text{Br}_2$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Ответ: 

--	--

11. В заданной схеме превращений



веществами  $X$  и  $Y$  являются:

- 1)  $\text{Cl}_2$
- 2)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
- 3)  $\text{HCl}$  (разб.)
- 4)  $\text{HNO}_3$  (конц.)
- 5)  $\text{KNO}_3$

Ответ: 

X	Y

12. Число  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в молекуле этена равно

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4
- 5) 5

Ответ: 

$\sigma$	$\pi$

**13.** В реакцию гидратации вступает каждое из двух веществ:

- 1) бутен и изобутан
- 2) пропин и этен
- 3) ацетилен и толуол
- 4) ацетилен и пропан
- 5) этилен и бутин-2

*Ответ:*

--	--

**14.** Оксид меди(II) окисляет пропанол-1 до вещества А, а пропанол-2 – до вещества В. Веществами А и В являются

- |              |                       |
|--------------|-----------------------|
| 1) пропаналь | 4) пропановая кислота |
| 2) пропан    | 5) пропин             |
| 3) пропанон  |                       |

*Ответ:*

A	B

**15.** Бутанол-1 реагирует с каждым из двух веществ:

- 1)  $O_2$  и HBr
- 2)  $C_2H_5OH$  и KOH (р-р)
- 3) HCl и  $C_2H_6$
- 4) CuO и K
- 5)  $KMnO_4$  и  $Cu(OH)_2$

*Ответ:*

--	--

**16.** Сложный эфир получится при взаимодействии

- 1) уксусной кислоты и метанола
- 2) муравьиной кислоты и этана
- 3) изопропанола и ацетальдегида
- 4) ацетата калия и бромэтана
- 5) формиата кальция и серной кислоты

*Ответ:*

--	--

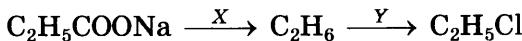
**17.** Дипептид образуется при взаимодействии аминоуксусной кислоты с

- |             |                    |
|-------------|--------------------|
| 1) аммиаком | 4) серином         |
| 3) аланином | 5) серной кислотой |
| 2) анилином |                    |

*Ответ:*

--	--

**18. В заданной схеме превращений**



веществами  $X$  и  $Y$  являются:

- |         |                     |
|---------|---------------------|
| 1) NaCl | 4) Cl <sub>2</sub>  |
| 2) NaOH | 5) H <sub>2</sub> O |
| 3) HCl  |                     |

Ответ:

X	Y

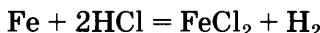
**19. Из предложенного перечня выберите две характеристики реакции взаимодействия азота с водородом.**

- |                     |
|---------------------|
| 1) катализитическая |
| 2) обратимая        |
| 3) эндотермическая  |
| 4) замещения        |
| 5) ионного обмена   |

Ответ:

--	--

**20. Для увеличения скорости реакции**



следует

- |   |
|---|
| 1) измельчить железо                        |
| 2) увеличить концентрацию кислоты           |
| 3) добавить катализатор                     |
| 4) увеличить концентрацию FeCl <sub>2</sub> |
| 5) повысить давление                        |

Ответ:

--	--

**21. Двухступенчатая диссоциация в водном растворе протекает в случае**

- |                                    |
|------------------------------------|
| 1) Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> |
| 2) H <sub>2</sub> C <sub>2</sub>   |
| 3) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  |
| 4) Na <sub>2</sub> S               |
| 5) Cu(OH) <sub>2</sub>             |

Ответ:

--	--

**22.** Нетоксичным является каждое из двух веществ

- 1) этанол и фенол
- 2) аргон и азот
- 3) бром и сероводород
- 4) оксид углерода(II) и аммиак
- 5) водород и вода

Ответ: 

--	--

**23.** Мономерами для промышленного получения ВМС являются

- |                 |                  |
|-----------------|------------------|
| 1) бутадиен-1,3 | 4) пропин        |
| 2) пропен       | 5) пентадиен-1,4 |
| 3) ацетилен     |                  |

Ответ: 

--	--

*Ответом к заданиям 24–26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, соблюдая при этом указанную степень точности. Затем перенесите это число в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

**24.** Вычислите массовую долю соли в растворе, полученнном при смешении 100 г 9%-ного раствора с 200 г 15%-ного раствора этой соли.

Ответ: \_\_\_\_\_ (запишите число с точностью до целых).

**25.** При взаимодействии 4,48 л этилена с водородом образуется этан объемом \_\_\_\_\_ л (н.у.). (Запишите ответ с точностью до сотых).

**26.** Вычислите массу кислорода, необходимого для полного сжигания 28 г этилена.

Ответ: \_\_\_\_\_ г (запишите число с точностью до целых).

*В заданиях 27–35 к каждому элементу первого столбца подберите соответствующий элемент из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Получившуюся последовательность цифр перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 без пробелов, запятых и других дополнительных символов. Цифры в ответе могут повторяться.*

27. Установите соответствие между названием вещества и классом, к которому это вещество принадлежит.

**НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА**

- А) анилин
- Б) этилацетат
- В) аланин
- Г) стирол

**КЛАСС**

- 1) углеводороды
- 2) спирты
- 3) простые эфиры
- 4) сложные эфиры
- 5) амины
- 6) аминокислоты

*Ответ:*

A	Б	В	Г

28. Установите соответствие между схемой реакции и свойством фосфора, которое этот элемент проявляет в данной реакции.

**СХЕМА РЕАКЦИИ**

- А)  $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$
- Б)  $\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}_2$
- В)  $\text{P} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Г)  $\text{P}_2\text{O}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

**СВОЙСТВО ФОСФОРА**

- 1) только окислитель
- 2) только восстановитель
- 3) и окислитель, и восстановитель
- 4) ни окислитель, ни восстановитель

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**29.** Установите соответствие между формулой соли и продуктом, выделяющимся на аноде в ходе электролиза водного раствора этой соли.

**ФОРМУЛА СОЛИ**

- А)  $\text{KCH}_3\text{COO}$   
Б)  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$   
В)  $\text{CaBr}_2$   
Г)  $\text{Cs}_2\text{SO}_4$

**ПРОДУКТ РЕАКЦИИ НА АНОДЕ**

- 1) метан и углекислый газ  
2) кислород  
3) бром  
4) азот  
5) этан и углекислый газ  
6) водород

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**30.** Установите соответствие между формулой соли и средой ее водного раствора.

**ФОРМУЛА СОЛИ**

- А)  $\text{KNO}_2$   
Б)  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$   
В)  $\text{NaNO}_3$   
Г)  $\text{Cs}_2\text{SO}_4$

**СРЕДА РАСТВОРА**

- 1) нейтральная  
2) кислая  
3) щелочная

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**31.** Установите соответствие между уравнением химической реакции и направлением смещения химического равновесия при уменьшении температуры в системе:

**УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ**

- А)  $2\text{NO}_{(r)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(r)} + \text{O}_{2(r)} - Q$   
Б)  $\text{C}_2\text{H}_{4(r)} + \text{H}_{2(r)} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_{6(r)} + Q$   
В)  $\text{CaCO}_{3(\text{тв})} \rightleftharpoons \text{CaO}_{(\text{тв})} + \text{CO}_{2(r)} - Q$   
Г)  $2\text{NO}_{(r)} \rightleftharpoons \text{N}_{2(r)} + \text{O}_{2(r)} + Q$

**НАПРАВЛЕНИЕ  
СМЕЩЕНИЯ  
ХИМИЧЕСКОГО  
РАВНОВЕСИЯ**

- 1) в сторону продуктов реакции  
2) в сторону исходных веществ  
3) практически не смещается

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**32.** Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых это вещество может реагировать.

**ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА**

- А) S
- Б) SO<sub>2</sub>
- В) ZnI<sub>2</sub>
- Г) Zn(OH)<sub>2</sub>

**РЕАГЕНТЫ**

- 1) AgNO<sub>3</sub>, Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Cl<sub>2</sub>
- 2) SrO, H<sub>2</sub>O, Ba(OH)<sub>2</sub>
- 3) H<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>
- 4) HBr, LiOH, HCOOH
- 5) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, BaCl<sub>2</sub>, CuO

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**33.** Установите соответствие между формулами взаимодействующих веществ и признаком химической реакции, протекающей между ними.

**ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВ**

- А) AgNO<sub>3</sub> (р-р)
- и Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> (р-р)
- Б) KOH и FeCl<sub>3</sub> (р-р)
- В) Ba(OH)<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>
- Г) HCOOH и NaOH (р-р)

**ПРИЗНАК РЕАКЦИИ**

- 1) выделение бесцветного газа
- 2) растворение осадка
- 3) образование белого осадка
- 4) образование окрашенного осадка
- 5) видимые признаки реакции отсутствуют

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**34.** Установите соответствие между формулой вещества и формулой продукта, преимущественно образующегося при взаимодействии вещества с бромом.

**ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА**

- А) CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>
- Б) CH<sub>3</sub>—CH(CH<sub>3</sub>)—CH<sub>3</sub>
- В) C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (в присутствии FeBr<sub>3</sub>)
- Г) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>—CH<sub>3</sub> (на свету)

**ФОРМУЛА ПРОДУКТА**

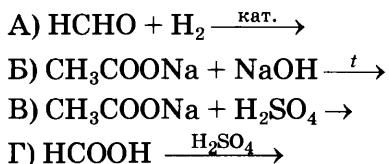
- 1) Br—C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>—CH<sub>3</sub>
- 2) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>—CH<sub>2</sub>Br
- 3) CH<sub>3</sub>—CH(CH<sub>3</sub>)—CH<sub>2</sub>—Br
- 4) CH<sub>3</sub>—CBr(CH<sub>3</sub>)—CH<sub>3</sub>
- 5) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Br
- 6) CH<sub>2</sub>Br—CH<sub>2</sub>Br

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**35.** Установите соответствие между схемой реакции и названием органического продукта, преимущественно образующегося в ходе реакции.

**СХЕМА РЕАКЦИИ**



**НАЗВАНИЕ ПРОДУКТА**

- 1) метан  
2) метановая кислота  
3) этановая кислота  
4) угарный газ  
5) углекислый газ  
6) метанол

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**Часть 2**

*Для записи ответов на задания 36–40 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (36, 37 и т.д.), а затем его подробное решение. Ответы записывайте четко и разборчиво.*

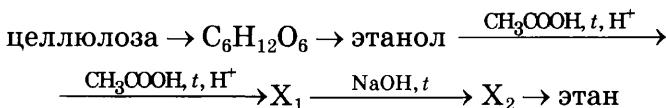
**36.** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции



Определите окислитель и восстановитель.

**37.** Хлорат калия нагрели в присутствии катализатора. Образовавшуюся соль растворили в воде и раствор подвергли электролизу. На аноде выделился желто-зеленый газ, который пропустили через раствор иодида натрия. Образовавшееся в результате этой реакции простое вещество проеагировало при нагревании с концентрированной азотной кислотой. Напишите уравнения четырех описанных реакций.

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



При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

**39.** Красный фосфор массой 4,65 г прореагировал с избытком хлора при нагревании. Полученный продукт растворили в 350 г 20%-ного раствора гидроксида калия. Рассчитайте массовую долю щелочи в образовавшемся растворе.

**40.** Некоторый углеводород содержит 12,19% водорода по массе. Молекула этого углеводорода содержит один четвертичный атом углерода. Установлено, что этот углеводород может взаимодействовать с аммиачным раствором оксида серебра с образованием бурого осадка. На основании этих данных:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) приведите уравнение реакции его взаимодействия с аммиачным раствором оксида серебра.

# ВАРИАНТ 5

## Часть 1

*Ответами к заданиям 1–23 является последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Последовательность цифр записывайте без пробелов, запятых и других дополнительных символов. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.*

1. Электронную конфигурацию  $1s^22s^22p^6$  имеют частицы

- 1) F
- 2) O<sup>2-</sup>
- 3) S<sup>2-</sup>
- 4) Ar
- 5) Na<sup>+</sup>

*Ответ:*

--	--

2. Однаковую электронную конфигурацию имеют частицы

- 1) F и F<sup>-</sup>
- 2) O<sup>2-</sup> и N<sup>2-</sup>
- 3) S<sup>2-</sup> и Cl<sup>7+</sup>
- 4) Mg<sup>2+</sup> и O<sup>2-</sup>
- 5) Na<sup>+</sup> и Mg<sup>2+</sup>

*Ответ:*

--	--

3. Ковалентные полярные связи присутствуют в

- 1) нитрате натрия
- 2) водороде
- 3) сероводороде
- 4) белом фосфоре
- 5) красном фосфоре

*Ответ:*

--	--

4. Постоянную степень окисления проявляет:

- 1) H и P
- 2) O и Na
- 3) P и N
- 4) Na и F
- 5) Sr и Zn

Ответ:

5. Ионное строение имеет каждое из двух веществ:

- 1) C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH и NaCl
- 2) CO<sub>2</sub> и Ca(OH)<sub>2</sub>
- 3) P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и KHCO<sub>3</sub>
- 4) Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и NaBr
- 5) CaC<sub>2</sub> и LiF

Ответ:

6. Выберите формулы трех несолеобразующих оксидов и запишите соответствующие им номера в ячейки ответа

- 1) BeO
- 2) NO
- 3) N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- 4) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- 5) CO
- 6) N<sub>2</sub>O

Ответ:

7. Сера реагирует с каждым из двух веществ:

- 1) CaO и H<sub>2</sub>O
- 2) Cl<sub>2</sub> и NaOH
- 3) H<sub>2</sub> и Al(OH)<sub>3</sub>
- 4) Ne и HF
- 5) H<sub>2</sub> и Fe

Ответ:

8. Сернистый газ реагирует с:

- |                   |        |
|-------------------|--------|
| 1) CaO            | 4) HF  |
| 2) NaOH           | 5) HCl |
| 3) H <sub>2</sub> |        |

Ответ:

9. Гидроксид хрома(III) реагирует с каждым из двух веществ:

- 1)  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{NH}_3$
- 2)  $\text{HNO}_2$  и  $\text{Cu}$
- 3)  $\text{CsOH}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- 4)  $\text{KOH}$  и  $\text{NO}_2$
- 5)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и  $\text{HNO}_3$

Ответ: 

--	--

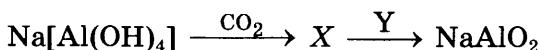
10. Для перевода пищевой соды в карбонат натрия необходимо

- 1) прокалить соду
- 2) добавить гидросульфат калия
- 3) добавить гидроксид натрия
- 4) добавить соляную кислоту
- 4) растворить соду в воде

Ответ: 

--	--

11. В заданной схеме превращений



веществами X и Y являются:

- 1)  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- 2)  $\text{Al}(\text{OH})_3$
- 3)  $\text{NaOH}$  (в растворе)
- 4)  $\text{NaOH}$  (при сплавлении)
- 5)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (в растворе)

Ответ: 

X	Y

12. Число  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в молекуле пропина равно

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)

Ответ: 

$\sigma$	$\pi$

**13.** Пентин-1, в отличие от пентана, реагирует с

- 1) бромом
- 2) бромной водой
- 3) аммиачным раствором оксида серебра
- 4) кислородом
- 5) пропаном

*Ответ:*

**14.** Глицерин реагирует с

- 1) оксидом железа(III)
- 2) гидроксидом меди(II)
- 3) перманганатом калия
- 4) пропаном
- 5) оксидом углерода(IV)

*Ответ:*

**15.** Фенол реагирует с

- 1) бутаном
- 2) пропилацетатом
- 3) бромом
- 4) водородом
- 5) гидрокарбонатом натрия

*Ответ:*

**16.** Этаналь можно получить при действии на этан

- 1) оксида меди(II)
- 2) серной кислоты
- 3) перманганата калия
- 4) бромной воды
- 5) этиленгликоля

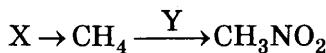
*Ответ:*

**17.** Метиламин — более сильное основание, чем

- 1) диметиламин
- 2) анилин
- 3) trimetilamin
- 4) аммиак
- 5) гидроксид натрия

*Ответ:*

**18. В заданной схеме превращений**



веществами  $X$  и  $Y$  являются:

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1) карбид кальция  | 4) нитрат натрия   |
| 2) оксид азота(V)  | 5) азотная кислота |
| 3) карбид алюминия |                    |

*Ответ:*

	X
	Y

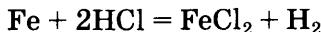
**19. Из предложенного перечня выберите две характеристики реакции взаимодействия этанола с уксусной кислотой.**

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1) катализитическая               |  |
| 2) обратимая                      |  |
| 3) эндотермическая                |  |
| 4) окислительно-восстановительная |  |
| 5) присоединения                  |  |

*Ответ:*

--	--

**20. Для уменьшения скорости реакции**



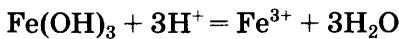
следует

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1) измельчить железо               |  |
| 2) увеличить концентрацию $FeCl_2$ |  |
| 3) добавить катализатор            |  |
| 4) уменьшить концентрацию кислоты  |  |
| 5) понизить температуру            |  |

*Ответ:*

--	--

**21. Сокращенное ионное уравнение**



соответствует растворению гидроксида железа в кислоте

- |                   |  |
|-------------------|--|
| 1) соляной        |  |
| 2) плавиковой     |  |
| 3) уксусной       |  |
| 4) сероводородной |  |
| 5) азотной        |  |

*Ответ:*

--	--

**22.** Растворы глюкозы и фруктозы можно различить с помощью

- 1) водного раствора KOH
- 2) аммиачного раствора оксида серебра
- 3) раствора серной кислоты
- 4) гидроксида алюминия
- 5) гидроксида меди(II)

Ответ:

**23.** Колонна синтеза используется в процессе получения

- 1) аммиака
- 2) сернистого газа
- 3) газойля из нефти
- 4) железа из руды
- 5) метанола

Ответ:

*Ответом к заданиям 24–26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, соблюдая при этом указанную степень точности. Затем перенесите это число в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

**24.** Рассчитайте, сколько граммов нитрата калия следует растворить в 50 г 5% -ного раствора соли для получения 8% -ного раствора?

Ответ: \_\_\_\_\_ г (запишите число с точностью до десятых).

**25.** В соответствии с термохимическим уравнением



окисление 11 л (н.у.) сернистого газа сопровождается выделением \_\_\_\_\_ кДж теплоты. (Запишите ответ с точностью до целых).

**26.** Вычислите массу оксида серы(IV), образующегося при обжиге 9,6 г сульфида меди(II).

Ответ: \_\_\_\_\_ г (запишите число с точностью до десятых).

*В заданиях 27–35 к каждому элементу первого столбца подберите соответствующий элемент из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Получившуюся последовательность цифр перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 без пробелов, запятых и других дополнительных символов. Цифры в ответе могут повторяться.*

**27.** Установите соответствие между формулой соединения и классом, к которому это вещество принадлежит.

ФОРМУЛА СОЕДИНЕНИЯ	КЛАСС/ГРУППА
A) $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOC}_2\text{H}_5$	1) амины
Б) $\text{NH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$	2) аминокислоты
В) $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	3) простые эфиры
Г) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	4) сложные эфиры 5) дипептиды 6) углеводы

Ответ:

A	Б	В	Г

**28.** Установите соответствие между схемой реакции и свойством азота, которое этот элемент проявляет в данной реакции.

СХЕМА РЕАКЦИИ	СВОЙСТВО АЗОТА
А) $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	1) только окислитель
Б) $\text{CaO} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$	2) только восстановитель
В) $\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{O}_2 + \text{NO}_2$	3) и окислитель, и восстановитель
Г) $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	4) ни окислитель, ни восстановитель

Ответ:

A	Б	В	Г

**29.** Установите соответствие между формулой соли и продуктом, выделяющимся на аноде в ходе электролиза водного раствора этой соли.

ФОРМУЛА

СОЛИ

- А) KF
- Б) MgBr<sub>2</sub>
- В) NaI
- Г) CuSO<sub>4</sub>

ПРОДУКТ

НА АНОДЕ

- 1) фтор
- 2) бром
- 3) иод
- 4) медь
- 5) кислород
- 6) сера

Ответ:

A	Б	В	Г

**30.** Установите соответствие между формулой соли и средой ее водного раствора.

ФОРМУЛА

СОЛИ

- А) NaHSO<sub>4</sub>
- Б) Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>
- В) Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>
- Г) NH<sub>4</sub>Br

СРЕДА

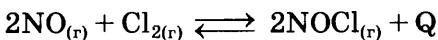
РАСТВОРА

- 1) нейтральная
- 2) кислая
- 3) щелочная

Ответ:

A	Б	В	Г

**31.** Установите соответствие между способом воздействия на равновесную систему



и направлением смещения химического равновесия в результате этого воздействия:

## ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СИСТЕМУ

- А) уменьшение давления  
Б) добавление катализатора  
В) увеличение температуры  
Г) увеличение концентрации хлора

Ответ:

A	Б	В	Г

## НАПРАВЛЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

- 1) в сторону продуктов реакции  
2) в сторону исходных веществ  
3) практически не смещается

32. Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых это вещество может реагировать.

### ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА

- А) Si  
Б) SiO<sub>2</sub>  
В) Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>  
Г) Pb(OH)<sub>2</sub>

Ответ:

A	Б	В	Г

### РЕАГЕНТЫ

- 1) NaOH, HF, Na<sub>2</sub>O  
2) HCl, NaOH, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>  
3) HBr, NaOH, HNO<sub>3</sub>  
4) Br<sub>2</sub>, KOH, O<sub>2</sub>  
5) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, BaCl<sub>2</sub>, CuO

33. Установите соответствие между формулами взаимодействующих веществ и признаком химической реакции, протекающей между ними.

### ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВ

- А) гексен-2 и Br<sub>2</sub> (водн.)  
Б) бутин-1 и KMnO<sub>4</sub> (H<sup>+</sup>)  
В) уксусная кислота и KOH  
Г) уксусная кислота и FeO

Ответ:

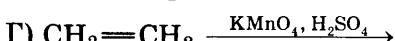
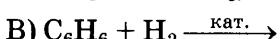
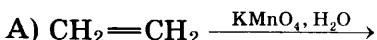
A	Б	В	Г

### ПРИЗНАК РЕАКЦИИ

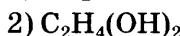
- 1) выделение газа  
2) обесцвечивание раствора  
3) образование осадка  
4) растворение осадка  
5) видимые признаки реакции отсутствуют

**34.** Установите соответствие между схемой реакции и формулой органического продукта, преимущественно образующегося в ходе реакции.

**СХЕМА РЕАКЦИИ**



**ФОРМУЛА ПРОДУКТА**

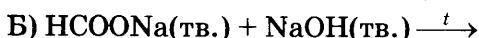


*Ответ:*

A	Б	В	Г

**35.** Установите соответствие между схемой реакции и названием органического продукта, преимущественно образующегося в ходе реакции.

**СХЕМА РЕАКЦИИ**



**НАЗВАНИЕ ПРОДУКТА**

1) метан

2) пропановая кислота

3) этановая кислота

4) угарный газ

5) углекислый газ

6) водород

*Ответ:*

A	Б	В	Г

**Часть 2**

*Для записи ответов на задания 36–40 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (36, 37 и т.д.), а затем его подробное решение. Ответы записывайте четко и разборчиво.*

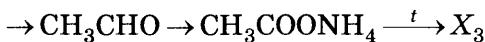
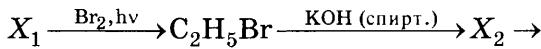
**36.** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции



Определите окислитель и восстановитель.

**37.** Алюминий прореагировал с бромом. Продукт растворили в воде и обработали раствором пищевой соды. Выпавший осадок растворили в иодоводородной кислоте. Полученную соль обработали перманганатом калия в сернокислой среде. Напишите уравнения четырех описанных реакций.

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



При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

**39.** Смесь гидросульфата и сульфата натрия с массовой долей сульфата в ней 60% может прореагировать с 144 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия ( $\rho = 1,11$  г/мл). На исходную смесь подействовали избытком раствора гидроксида бария. Найдите массу осадка, образовавшегося при этом.

**40.** В результате реакции предельного двухатомного спирта массой 30,4 г с избытком металлического натрия получено 8,96 л (н.у.) газа. Указанный спирт не взаимодействует со свежеполученным осадком гидроксида меди(II). На основании этих данных:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы спирта;
- 2) запишите молекулярную формулу спирта;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) приведите уравнение реакции его взаимодействия с металлическим натрием.

# **ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

## **Основы химии**

### **Ответы на задания с кратким ответом**

<b>№</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
ответ	45	25	45	15	45	25	15	15	2	35
<b>№</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
ответ	25	25	4	2	25	4	34	15	34	1
<b>№</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
ответ	24	34	3	15	4	4	25	6451	2542	15
<b>№</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>
ответ	13	23	3	35	1	23	13	13	2	4
<b>№</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>
ответ	15	34	23	45	2312	3512	2411	2432	4312	4231
<b>№</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>
ответ	4212	1241	2466	2211	2456	PO*	PO	PO	PO	PO

**PO\*** (развернутый ответ): ответы на задания с развернутым ответом приводятся сразу после ответов на задания с кратким ответом.

### **Ответы на задания с развернутым ответом (PO)**

**56.** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



Определите окислитель и восстановитель.

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: 1) Составлен электронный баланс: $\begin{array}{c c} 1 & \text{S}^{+4} - 2\bar{e} \rightarrow \text{S}^{+6} \\ 1 & \text{Cl}_2 + 2\bar{e} \rightarrow 2\text{Cl}^{-} \end{array}$ 2) Указано, что сера +4 (или сульфит натрия за счет серы +4) является восстановителем, а хлор — окислителем. 3) Расставлены все коэффициенты в уравнении реакции: $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	3
В ответе допущена ошибка только в одном из элементов	2
В ответе допущены ошибки в двух элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	3

57. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



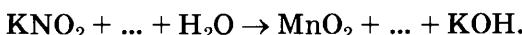
Определите окислитель и восстановитель.

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: 1) Составлен электронный баланс: $\begin{array}{c c} 2 & \text{Mn}^{+7} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+4} \\ 3 & \text{Mn}^{+2} - 2\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+4} \end{array}$ 2) Указано, что $\text{MnSO}_4$ является восстановителем (за счет марганца со степенью окисления +2), а $\text{KMnO}_4$ — окислителем (за счет марганца со степенью окисления +7).	

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
3) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции: $2\text{KMnO}_4 + 3\text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = 5\text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ .	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	3
В ответе допущена ошибка только в одном из элементов	2
В ответе допущены ошибки в двух элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>3</b>

58. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



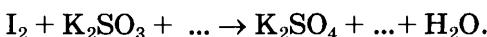
Определите окислитель и восстановитель.

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа:	
1) Составлен электронный баланс:	
$\begin{array}{c c} 2 & \text{Mn}^{+7} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+4} \\ 3 & \text{N}^{+3} - 2\bar{e} \rightarrow \text{N}^{+5} \end{array}$	
2) 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.	
3) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:	
$3\text{KNO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{MnO}_2 + 3\text{KNO}_3 + 2\text{KOH}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	3

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
В ответе допущена ошибка только в одном из элементов	2
В ответе допущены ошибки в двух элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	3

**59.** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



Определите окислитель и восстановитель.

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа:	
1) Составлен электронный баланс:	
$\begin{array}{c c} 1 & I_2^0 + 2\bar{e} \rightarrow 2I^{-1} \\ 1 & S^{+4} - 2\bar{e} \rightarrow S^{+6} \end{array}$	
2) Указано, что сера в степени окисления +4 является восстановителем, а иод в степени окисления 0 — окислителем.	
3) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:	
$I_2 + K_2SO_3 + 2KOH = K_2SO_4 + 2KI + H_2O$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	3
В ответе допущена ошибка только в одном из элементов	2
В ответе допущены ошибки в двух элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	3

**60. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:**



Определите окислитель и восстановитель.

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: 1) Составлен электронный баланс: $\begin{array}{c c} 2 & \text{N}^{+2} - 3\bar{e} \rightarrow \text{N}^{+5} \\ 3 & \text{Cl}^{+1} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cl}^{-1} \end{array}$ 2) 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. 3) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции: $2\text{NO} + 3\text{KClO} + 2\text{KOH} = 2\text{KNO}_3 + 3\text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	3
В ответе допущена ошибка только в одном из элементов	2
В ответе допущены ошибки в двух элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	3

# **Неорганическая химия**

## **Ответы на задания с кратким ответом**

<b>№</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
ответ	34	25	23	4	25	4	235	2351	124	1465
№	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
ответ	421	24	35	3	4	14	1	24	14	34
№	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
ответ	34	35	13	25	24	2	25	23	3	13
№	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>
ответ	45	24	34	24	2	3	3	1	3	25
№	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>
ответ	4	1	45	4	2	24	25	4	14	24
№	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>
ответ	4	14	24	24	25	45	2	34	13	13
№	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>66</b>	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>69</b>	<b>70</b>
ответ	5431	4251	5342	2433	1324	4	1	25	3	4
№	<b>71</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>77</b>	<b>78</b>	<b>79</b>	<b>80</b>
ответ	14	PO								

## **Ответы на задания с развернутым ответом (PO)**

72. Металлическую медь растворили в разбавленной азотной кислоте. Образовавшуюся соль обработали раствором соды, при этом наблюдали выпадение осадка и выделение газа. Осадок растворили в избытке иодоводородной кислоты. Образовавшееся простое вещество растворили в горячем растворе щелочи. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: Написаны четыре уравнения реакций: 1) $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$ 2) $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = (\text{CuOH})_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + 4\text{NaNO}_3$ 3) $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3 + 4\text{HI} = 2\text{CuI} + \text{I}_2 + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 4) $3\text{I}_2 + 6\text{KOH} = 5\text{KI} + \text{KIO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	
Правильно записаны 4 уравнения возможных реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

*Примечание.* Дополнительно записанные (правильно или ошибочно) уравнения реакций не оцениваются.

73. Оксид азота(IV) пропустили через раствор гидроксида калия. Одну из образовавшихся солей обработали перманганатом калия в сернокислой среде, другую нагрели с металлическим свинцом. Образовавшуюся в последней реакции соль обработали иодидом калия в кислой среде. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: Написаны четыре уравнения реакций: 1) $2\text{NO}_2 + 2\text{KOH} = \text{KNO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 2) $5\text{KNO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{KNO}_3 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
3) $\text{KNO}_3 + \text{Pb} = \text{KNO}_2 + \text{PbO}$	
4) $2\text{KNO}_2 + 2\text{KI} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{NO} + \text{I}_2 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	
Правильно записаны 4 уравнения возможных реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

*Примечание.* Дополнительно записанные (правильно или ошибочно) уравнения реакций не оцениваются.

74. Красный фосфор провзаемодействовал с избытком брома.

Продукт реакции обработали избытком едкого натра. Каждую из образовавшихся при этом солей обработали избытком концентрированной серной кислоты. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа:	
Написаны четыре уравнения реакций:	
1) $2\text{P} + 5\text{Br}_2 = 2\text{PBr}_5$	
2) $\text{PBr}_5 + 8\text{NaOH} = \text{Na}_3\text{PO}_4 + 5\text{NaBr} + 4\text{H}_2\text{O}$	
3) $\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{NaHSO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4$	
4) $2\text{NaBr} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{NaHSO}_4 + \text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	
Правильно записаны 4 уравнения возможных реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

*Примечание.* Дополнительно записанные (правильно или ошибочно) уравнения реакций не оцениваются.

75. Цинк растворили в разбавленной азотной кислоте. Выделившийся при этом газ окислили кислородом, а продукт реакции пропустили через раствор перманганата калия в сернокислой среде. Образовавшийся раствор обработали сульфидом аммония, при этом выпал осадок телесного цвета. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа:	
Написаны уравнения четырех реакций:	
1) $3\text{Zn} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$	
2) $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$	
3) $10\text{NO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = 10\text{HNO}_3 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$	
4) $\text{MnSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{S} = \text{MnS} + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	
Правильно записаны 4 уравнения возможных реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

*Примечание.* Дополнительно записанные (правильно или ошибочно) уравнения реакций не оцениваются.

76. Алюминий растворили в растворе гидроксида натрия. Через полученный раствор пропустили избыток сероводорода и наблюдали образование осадка. Выпавший осадок растворили в бромоводородной кислоте, а полученный раствор обработали содой. Наблюдали образование осадка и выделение газа. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: Написаны уравнения четырех реакций: 1) $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$ 2) $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{H}_2\text{S} = \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaHS} + \text{H}_2\text{O}$ 3) $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HBr} = \text{AlBr}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ 4) $2\text{AlBr}_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CO}_2 + 6\text{NaBr}$	
Правильно записаны 4 уравнения возможных реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

*Примечание.* Дополнительно записанные (правильно или ошибочно) уравнения реакций не оцениваются.

77. Серу нагрели с гидроксидом калия. Одну из образовавшихся солей обработали нитратом свинца, при этом выпал черный осадок, побелевший при последующем действии пероксида водорода. Другую соль обработали водным раствором перманганата калия. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.

**Ответ:**

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Элементы ответа: Написаны четыре уравнения реакций: 1) $3S + 6KOH = 2K_2S + K_2SO_3 + 3H_2O$ 2) $K_2S + Pb(NO_3)_2 = PbS + 2KNO_3$ 3) $PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$ 4) $5K_2SO_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 6K_2SO_4 + 3H_2O$	
Правильно записаны 4 уравнения возможных реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

*Примечание.* Дополнительно записанные (правильно или ошибочно) уравнения реакций не оцениваются.

**78. Диоксид серы растворили в растворе гидроксида калия. Полученный раствор обработали дихроматом калия в кислой среде. При действии на полученный раствор гидроксида калия выпал серо-зеленый осадок, который растворили в смеси пероксида водорода и щелочи. При этом наблюдали образование раствора желтого цвета. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.**

**Ответ:**

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Элементы ответа: Написаны четыре уравнения реакций: 1) $SO_2 + 2KOH = K_2SO_3 + H_2O$ 2) $3K_2SO_3 + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 = 4K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4H_2O$ 3) $Cr_2(SO_4)_3 + 6KOH = 2Cr(OH)_3 + 3K_2SO_4$ 4) $2Cr(OH)_3 + 4KOH + 3H_2O_2 = 2K_2CrO_4 + 8H_2O$	

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Правильно записаны 4 уравнения возможных реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

*Примечание.* Дополнительно записанные (правильно или ошибочно) уравнения реакций не оцениваются.

**79.** Железо обработали концентрированной азотной кислотой при нагревании. Полученную соль обработали гидроксидом калия и бромом, при этом наблюдали образование раствора красно-вишневого цвета. Образовавшееся вещество обработали соляной кислотой, при этом наблюдали выделение желто-зеленого газа. В полученный раствор пропустили сероводород. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.

**Ответ:**

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Элементы ответа:	
Написаны четыре уравнения реакций:	
1) $\text{Fe} + 6\text{HNO}_3 = \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	
2) $2\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 16\text{KOH} + 3\text{Br}_2 = 2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 6\text{KBr} + 6\text{KNO}_3 + 8\text{H}_2\text{O}$	
3) $2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{FeCl}_3 + 3\text{Cl}_2 + 4\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O}$	
4) $2\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{S} = 2\text{FeCl}_2 + \text{S} + 2\text{HCl}$	
Правильно записаны 4 уравнения возможных реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

*Примечание.* Дополнительно записанные (правильно или ошибочно) уравнения реакций не оцениваются.

80. Серебро растворили в концентрированной азотной кислоте. Полученную соль прокалили, а выделившийся бурый газ пропустили через подкисленный раствор дихромата калия. Образовавшуюся хромовую соль обработали раствором карбоната калия. Напишите уравнения четырех описанных химических реакций.

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа. Написаны четыре уравнения возможных реакций между указанными веществами:	
1) $\text{Ag} + 2\text{HNO}_3 = \text{AgNO}_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	
2) $2\text{AgNO}_3 = 2\text{Ag} + 2\text{NO}_2 + \text{O}_2$	
3) $6\text{NO}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = 6\text{HNO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$	
4) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Cr(OH)}_3 + 3\text{CO}_2 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	<b>4</b>
Правильно записаны 3 уравнения реакций	<b>3</b>
Правильно записаны 2 уравнения реакций	<b>2</b>
Правильно записано одно уравнение реакции	<b>1</b>
Все элементы ответа записаны неверно	<b>0</b>
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

*Примечание.* Дополнительно записанные (правильно или ошибочно) уравнения реакций не оцениваются.

# **Органическая химия**

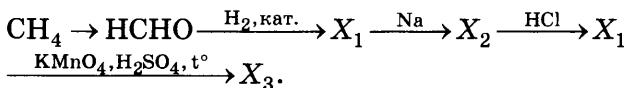
## **Ответы на задания**

**с кратким ответом**

<b>№</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
ответ	15	3	25	3	14	14	4	2141	3251	13
№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ответ	45	34	2	25	24	25	2	24	1	35
№	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ответ	2	25	2	2	24	1	4	3	45	13
№	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
ответ	3	15	1	1	3	1	23	34	3	23
№	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
ответ	1	4	24	15	25	34	2	3	23	1
№	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
ответ	2	3	12	2	1	34	14	14	15	13
№	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
ответ	2	1	4	2	125	356	124	1	35	45
№	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
ответ	246	3	14	34	25	2	145	2	2	2
№	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
ответ	234	236	135	126	236	235	45	25	41	45
№	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
ответ	25	42	53	53	PO	PO	PO	PO	PO	PO

**Ответы на задания  
с развернутым ответом (РО)**

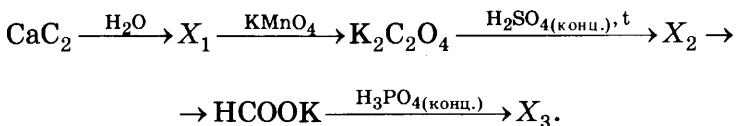
**95.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: Написаны уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:	
1) $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ, \text{кат.}} \text{HCHO} + \text{H}_2\text{O}$	
2) $\text{HCHO} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \text{CH}_3\text{OH}$	
3) $2\text{CH}_3\text{OH} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{ONa} + \text{H}_2$	
4) $\text{CH}_3\text{ONa} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{NaCl}$	
5) $5\text{CH}_3\text{OH} + 6\text{KMnO}_4 + 9\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t} 5\text{CO}_2 + 19\text{H}_2\text{O} + 6\text{MnSO}_4 + 3\text{K}_2\text{SO}_4$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	5
Правильно записаны 4 уравнения реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>5</b>

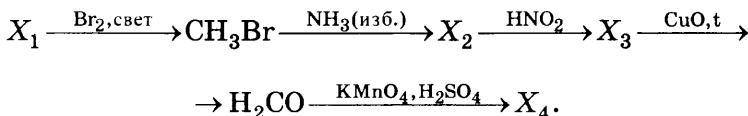
**96.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа:</p> <p>Составлены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:</p> <p>1) <math>\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow</math></p> <p>2) <math>3\text{C}_2\text{H}_2 + 8\text{KMnO}_4 \rightarrow 3\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 8\text{MnO}_2 + 2\text{KOH}</math></p> <p>3) <math>\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t} \text{CO} \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O} + 2\text{KHSO}_4</math></p> <p>4) <math>\text{CO} + \text{KOH} \xrightarrow{t, p} \text{HCOOK}</math></p> <p>5) <math>\text{HCOOK} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{HCOOH} + \text{KH}_2\text{PO}_4</math></p> <p>(образование <math>\text{K}_3\text{PO}_4</math> следует считать ошибочным)</p>	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	5
Правильно записаны 4 уравнения реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	5

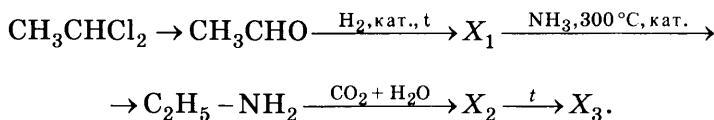
**97.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



**Ответ:**

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Элементы ответа:  Составлены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:  1) $\text{CH}_4 + \text{Br}_2 \xrightarrow{\text{свет}} \text{HBr} + \text{CH}_3\text{Br}$ 2) $\text{CH}_3\text{Br} + 2\text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{NH}_4\text{Br}$ 3) $\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{HNO}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 4) $\text{CH}_3\text{OH} + \text{CuO} \xrightarrow{t} \text{H}_2\text{CO} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ 5) $5\text{H}_2\text{CO} + 4\text{KMnO}_4 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{CO}_2 + 4\text{MnSO}_4 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 11\text{H}_2\text{O}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	5
Правильно записаны 4 уравнения реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>5</b>

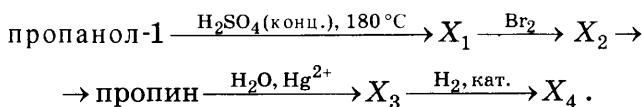
**98. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:**



**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, неискажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: Составлены уравнения реакций, соответствующие схеме превращений: 1) $\text{CH}_3\text{CHCl}_2 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{кат., } t} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 3) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{NH}_3 \xrightarrow{300^\circ, \text{ кат.}} \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 4) $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3]\text{HCO}_3$ (допустимо образование $[\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3]_2\text{CO}_3$ ) 5) $[\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3]\text{HCO}_3 \xrightarrow{t} \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	5
Правильно записаны 4 уравнения реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	5

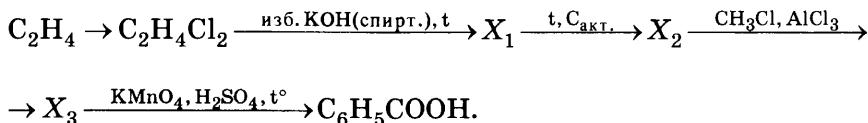
**99.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: Написаны уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:	
1) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}), 180^\circ\text{C}}$ $\longrightarrow \text{CH}_3\text{—CH=CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$	
2) $\text{CH}_3\text{—CH=CH}_2 + \text{Br}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{—CHBr—CH}_2\text{Br}$	
3) $\text{CH}_3\text{—CHBr—CH}_2\text{Br} + 2\text{KOH}_{(\text{спирт.})} \xrightarrow{\text{t}}$ $\longrightarrow \text{CH}_3\text{—C}\equiv\text{CH} + 2\text{KBr}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	
4) $\text{CH}_3\text{—C}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Hg}^{2+}} \text{CH}_3\text{—CO—CH}_3$	
5) $\text{CH}_3\text{—CO—CH}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \text{CH}_3\text{—CH} \begin{cases} \text{—CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{cases}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	5
Правильно записаны 4 уравнения реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано одно уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>5</b>

**100.** Напишите уравнение реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: Написаны уравнения реакций, соответствующие схеме превращений: 1) $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ 2) $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 + 2\text{KOH}_{(\text{спирт.})} \xrightarrow{t} \text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O}$ 3) $3\text{C}_2\text{H}_2 \xrightarrow{t, \text{C}_{\text{акт.}}} \text{C}_6\text{H}_6$ 4) $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{CH}_3\text{Cl} \xrightarrow{\text{AlCl}_3} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{HCl}$ 5) $5\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + 6\text{KMnO}_4 + 9\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t} 5\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + 6\text{MnSO}_4 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 14\text{H}_2\text{O}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	5
Правильно записаны 4 уравнения реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	5

# Познание и применение веществ и химических реакций

## Ответы на задания с кратким ответом

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответ	25	35	24	3	3	23	23	13	24	23
№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ответ	2	4	4	11,2	125,3	11,3	1,57	150	36	11,2
№	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ответ	6,1	4,48	440	6,72	32,5	24	4,9	11,2	880	242
№	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
ответ	РО	РО	РО	РО	РО	РО	РО	РО	РО	РО

## Ответы на задания с развернутым ответом (РО)

31. К 100 мл 5% -ного раствора соляной кислоты (плотностью 1,02 г/мл) добавили 6,4 г карбида кальция. Сколько миллилитров 15% -ной азотной кислоты (плотностью 1,08 г/мл) следует добавить к полученной смеси для ее полной нейтрализации?

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, неискажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: 1) Записаны уравнения реакций: $\text{CaC}_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{C}_2\text{H}_2$ $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + \text{C}_2\text{H}_2$ $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HNO}_3 = \text{Ca(NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 2) Рассчитаны количества веществ реагентов и сделан вывод об избытке карбида кальция: $n(\text{HCl}) = 100 \cdot 1,02 \cdot 0,05 / 36,5 = 0,14 \text{ моль}$ $n(\text{CaC}_2) = 6,4 / 64 = 0,1 \text{ моль}$ $\text{CaC}_2 — \text{в избытке}$	

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
3) Рассчитаны количества веществ гидроксида кальция и азотной кислоты, вступивших в реакцию друг с другом:  $n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,1 - 0,14/2 = 0,03 \text{ моль}$  $n(\text{HNO}_3) = 0,06 \text{ моль}$	
4) Вычислен объем раствора азотной кислоты:  $m(\text{р-ра}) = m(\text{HNO}_3)/w = 0,06 \cdot 63 / 0,15 = 25,2 \text{ г}$ $V = \frac{m}{\rho} = \frac{25,2}{1,08} = 23,3 \text{ мл}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	3
В ответе допущена ошибка в двух из названных выше элементов	2
В ответе допущена ошибка в трех из названных выше элементов	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

*Примечание.* В случае, когда в ответе содержится ошибка в вычислениях в одном из трех элементов (втором, третьем или четвертом), которая привела к неверному ответу, оценка за выполнение задания снижается только на 1 балл.

32. В 120 мл раствора азотной кислоты с массовой долей 7% (плотностью 1,03 г/мл) внесли 12,8 г карбида кальция. Сколько миллилитров 20%-ной соляной кислоты (плотностью 1,10 г/мл) следует добавить к полученной смеси для ее полной нейтрализации?

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа:</p> <p>1) Записаны уравнения реакций:</p> $\text{CaC}_2 + 2\text{HNO}_3 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{C}_2\text{H}_2$ $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$ $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	
<p>2) Рассчитаны количества веществ реагентов и сделан вывод об избытке карбида кальция:</p> $n(\text{HNO}_3) = 120 \cdot 1,03 \cdot 0,07 / 63 = 0,137 \text{ моль}$ $n(\text{CaC}_2) = 12,8 / 64 = 0,2 \text{ моль}$ <p style="text-align: center;">CaC<sub>2</sub> — в избытке</p>	
<p>3) Рассчитаны количества веществ гидроксида кальция и соляной кислоты, вступивших в реакцию друг с другом:</p> $n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,2 - 0,137 / 2 = 0,13 \text{ моль}$ $n(\text{HCl}) = 0,26 \text{ моль}$	
<p>4) Вычислен объем раствора соляной кислоты:</p> $m(\text{p-pa}) = m(\text{HCl}) / w = 0,26 \cdot 36,5 / 0,2 = 47,45 \text{ г}$ $V = \frac{m}{\rho} = \frac{47,45}{1,10} = 43,1 \text{ мл}$	
<p>Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы</p>	4
<p>В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов</p>	3
<p>В ответе допущена ошибка в двух из названных выше элементов</p>	2

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
В ответе допущена ошибка в трех из названных выше элементов	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

*Примечание.* В случае, когда в ответе содержится ошибка в вычислениях в одном из трех элементов (втором, третьем или четвертом), которая привела к неверному ответу, оценка за выполнение задания снижается только на 1 балл.

33. Нитрит калия массой 8,5 г внесли при нагревании в 270 г раствора бромида аммония с массовой долей 12%. Какой объем (н.у.) азота выделится при этом и какова массовая доля бромида аммония в получившемся растворе?

Ответ:

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Элементы ответа:	
1) Записано уравнение реакции и рассчитаны количества исходных веществ:	
$\text{KNO}_2 + \text{NH}_4\text{Br} = \text{N}_2 \uparrow + \text{KBr} + 2\text{H}_2\text{O}$	
$n(\text{KNO}_2) = 8,5 / 85 = 0,1 \text{ моль}$	
$n(\text{NH}_4\text{Br}) = 270 \cdot 0,12 / 98 = 0,33 \text{ моль — в избытке}$	
2) Рассчитан объем выделившегося азота:	
$n(\text{N}_2) = n(\text{KNO}_2) = 0,1 \text{ моль}$	
$V(\text{N}_2) = 0,1 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 2,24 \text{ л}$	
3) Рассчитана масса бромида аммония, оставшегося в избытке:	
$n(\text{NH}_4\text{Br})_{\text{изб}} = 0,33 - 0,1 = 0,23 \text{ моль}$	
$m(\text{NH}_4\text{Br})_{\text{изб}} = 0,23 \cdot 98 = 22,54 \text{ г}$	

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
4) Рассчитана массовая доля бромида аммония: $m_{\text{p-pa}} = 8,5 + 270 \cdot 0,128 = 275,7 \text{ г}$ $w(\text{NH}_4\text{Br}) = 22,54/275,7 = 0,0818 \text{ или } 8,2\%$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	3
В ответе допущена ошибка в двух из названных выше элементов	2
В ответе допущена ошибка в трех из названных выше элементов	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<b>Максимальный балл</b>	<b>4</b>

*Примечание.* В случае, когда в ответе содержится ошибка в вычислениях в одном из элементов (первом, втором, третьем или четвертом), которая привела к неверному ответу, оценка за выполнение задания снижается только на 1 балл.

34. Магний массой 4,8 г растворили в 200 мл 12%-ного раствора серной кислоты ( $\rho = 1,05 \text{ г/мл}$ ). Вычислите массовую долю сульфата магния в конечном растворе.

**Ответ:**

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Элементы ответа:	
1) Составлено уравнение химической реакции: $\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$	

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>2) Рассчитаны массы веществ, полученных в ходе реакции:</p> $n(\text{Mg}) = n(\text{MgSO}_4) = n(\text{H}_2) = m(\text{Mg}) / M(\text{Mg}) =$ $= 4,8 / 24 = 0,20 \text{ моль},$	
$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,05 \cdot 200 \cdot 0,12 / 98 = 0,26 \text{ моль} — \text{в избытке},$ $m(\text{MgSO}_4) = n(\text{MgSO}_4) \cdot M(\text{MgSO}_4) = 0,2 \cdot 120 = 24 \text{ г}$ $m(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ г}$	
<p>3) Рассчитана масса раствора:</p> $m_1(\text{раствора}) = \rho \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,05 \cdot 200 = 210 \text{ г}$ $m_2(\text{раствора}) = m_1(\text{раствора}) + m(\text{Mg}) - m(\text{H}_2) =$ $= 210 + 4,8 - 0,4 = 214,4 \text{ г}$	
<p>4) Найдена массовая доля <math>\text{MgSO}_4</math>:</p> $w(\text{MgSO}_4) = m(\text{MgSO}_4) / m_2(\text{раствора}) =$ $= 24 / 214,4 = 0,112 \text{ или } 11,2\%.$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	3
В ответе допущена ошибка в двух из названных выше элементов	2
В ответе допущена ошибка в трех из названных выше элементов	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	
4	

35. Рассчитайте, какую массу оксида серы(VI) добавили в 2000 мл 8%-ного раствора серной кислоты ( $\rho = 1,06$  г/мл), если массовая доля серной кислоты стала равной 20%.

Ответ:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа:</p> <p>1) Составлено уравнение химической реакции:</p> $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$ <p>2) Рассчитана масса исходного раствора серной кислоты и масса <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math> в нем:</p> $m_1(\text{раствора}) = V(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \rho = 2000 \cdot 1,06 = 2120 \text{ г}$ $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = w(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_1(\text{раствора}) =$ $= 0,08 \cdot 2120 = 169,6 \text{ г}$ <p>3) Составлено уравнение для расчета искомой массы оксида серы (VI): пусть масса <math>\text{SO}_3</math> равна <math>X</math> г, тогда</p> $m_2(\text{раствора}) = m_1(\text{раствора}) + m(\text{SO}_3) = 2120 + X \text{ (г)}$ $m_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) + X / M(\text{SO}_3) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4) =$ $= 169,6 + X / 80 \cdot 98 = 169,6 + 1,225X \text{ (г)}$ $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_2(\text{H}_2\text{SO}_4) / m_2(\text{раствора})$ $0,2 = (169,6 + 1,225X) / (2120 + X)$ <p>4) Решением уравнения найдена масса оксида серы(VI):</p> $m(\text{SO}_3) = X = 248,2 \text{ г}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	3

В ответе допущена ошибка в двух из названных выше элементов	2
В ответе допущена ошибка в трех из названных выше элементов	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

36. Некоторый алкин имеет относительную плотность по воздуху 1,862. Известно, что этот алкин взаимодействует с аммиачным раствором оксида серебра(I).

На основании данных условия задания:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) напишите уравнение реакции этого вещества с аммиачным раствором оксида серебра(I).

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: 1) Рассчитана молярная масса алкина: $M = 29D_{\text{возд}} = 1,862 \cdot 29 = 54 \text{ г/моль}$ 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 — $C_4H_6$	

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
3) Составлена структурная формула алкина:  $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---C}\equiv\text{CH}$	
4) Записано уравнение реакции:  $\begin{aligned} \text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---C}\equiv\text{CH} + [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \longrightarrow \\ \longrightarrow \text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---C}\equiv\text{CAg} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \end{aligned}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
Допущена ошибка в одном из элементов ответа	3
Допущены ошибки в двух элементах ответа	2
Допущены ошибки в трех элементах ответа	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

37. Пары некоторого диена имеют относительную плотность по водороду 34. Известно, что при действии небольшого количества брома на диен образуется только одно дибромпроизводное.

На основании данных условия задания:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) напишите уравнение реакции этого вещества с бромной водой (с учетом недостатка брома).

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: 1) Рассчитана молярная масса диена: $M = 2D_{H_2} = 34 \cdot 2 = 68 \text{ г/моль}$ 2) Найдено число атомов углерода в молекуле диена и установлена его формула: Общая формула диенов $C_nH_{2n-2}$ $12n + 2n - 2 = 68$ $n = 5$ Формула диена — $C_5H_{10}$ 3) Составлена структурная формула диена: $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ 4) Записано уравнение реакции: $\begin{aligned} &\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \\ &\rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CHBr}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 \end{aligned}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
Допущена ошибка в одном из элементов ответа	3
Допущены ошибки в двух элементах ответа	2
Допущены ошибки в трех элементах ответа	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	4

38. При сгорании 0,45 г газообразного органического вещества выделилось 0,448 л (н.у.) углекислого газа, 0,63 г воды и 0,112 л (н.у.) азота. Плотность исходного газообразного вещества по азоту 1,607. Известно, что при взаимодействии с азотистой кислотой органическое вещество образует спирт.

На основании данных условия задания:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) напишите уравнение реакции этого вещества с азотистой кислотой.

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа:</p> <p>1) Определено соотношение атомов углерода, водорода и азота в формуле вещества и сделан вывод об отсутствии кислорода:</p> $n(C) = n(CO_2) = 0,448 / 22,4 = 0,02 \text{ моль}$ $n(H) = 2n(H_2O) = 2 \cdot 0,63 / 18 = 0,07 \text{ моль}$ $n(N) = 2n(N_2) = 2 \cdot 0,112 / 22,4 = 0,01 \text{ моль},$ <p>т.к. сумма масс элементов углерода, водорода и азота (<math>0,24 + 0,07 + 0,14</math>) равна массе навески вещества (0,45), то кислород в веществе отсутствует;</p> <p>2) Определена простейшая формула вещества и сделан вывод о том, что она соответствует истинной молекулярной формуле:</p> <p>простейшая формула: <math>C_2H_7N</math>;</p> <p>из условия <math>M = 1,607 \cdot 28 = 45</math>, что отвечает формуле <math>C_2H_7N</math>;</p>	

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
3) Составлена структурная формула вещества:  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—NH}_2$	
4) Записано уравнение химической реакции:  $\begin{aligned}\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—NH}_2 + \text{HONO} \rightarrow \\ \rightarrow \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH} + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}\end{aligned}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
Допущена ошибка в одном из элементов ответа	3
Допущены ошибки в двух элементах ответа	2
Допущены ошибки в трех элементах ответа	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	4

39. Массовая доля кислорода в органическом соединении равна 42,67%. Известно, что это соединение, реагируя с аланином, образует дипептид.

На основании данных условия задания:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) напишите уравнение реакции этого вещества с аланином.

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания к оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа:</p> <p>1) Органическое соединение является аминокислотой. Записана общая формула и рассчитана молярная масса аминокислоты — <math>C_nH_{2n}(NH_2)COOH</math>.</p> $w(O) = \frac{2 \cdot 16}{M_{\text{кислоты}}}$ $M_{\text{кислоты}} = \frac{32}{0,4267} = 75 \text{ (г/моль).}$ <p>2) Найдено число атомов углерода в молекуле кислоты и установлена ее формула:</p> $M = 12n + 2n + 16 + 45 = 75; 14n = 14$ $n = 1$ <p>3) Структурная формула аминокислоты:</p> $NH_2—CH_2—COOH$ <p>4) записано уравнение реакции:</p> $NH_2—CH_2—COOH + CH_3—CH(NH_2)—COOH \rightarrow$ $\rightarrow NH_2—CH_2—CONH—CH(CH_3)—COOH$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
Допущена ошибка в одном из элементов ответа	3
Допущены ошибки в двух элементах ответа	2
Допущены ошибки в трех элементах ответа	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	4

**40.** При полном сгорании углеводорода образовалось 27 г воды и 33,6 л  $\text{CO}_2$  (н.у.). Относительная плотность углеводорода по аргону равна 1,05. Известно, что этот углеводород реагирует с бромоводородом, но не реагирует с водой.

На основании данных условия задания:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) напишите уравнение реакции этого вещества с бромоводородом.

**Ответ:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа:</p> <p>1) Установлена простейшая формула углеводорода:</p> $n(\text{CO}_2) = 33,6 / 22,4 = 1,5 \text{ моль}$ $n(\text{H}_2\text{O}) = 27 / 18 = 1,5 \text{ моль}$ <p>Соотношение атомов в молекуле:</p> $\text{C} : \text{H} = 1,5 : 3 = 1 : 2$ <p>простейшая формула <math>\text{CH}_2</math>.</p> <p>2) Найдена формула углеводорода с учетом его молярной массы:</p> $M = 40 \cdot 1,05 = 42 \text{ г/моль}$ $M(\text{CH}_2) = 14 \text{ г/моль}, 42 / 14 = 3,$ <p>Истинная молекулярная формула <math>\text{C}_3\text{H}_6</math>.</p>	

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
3) Структурная формула:	
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$	
4) Уравнение реакции:	
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array} + \text{HBr} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{Br} \end{array}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
Допущена ошибка в одном из элементов ответа	3
Допущены ошибки в двух элементах ответа	2
Допущены ошибки в трех элементах ответа	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	4

# ОТВЕТЫ НА ЗАДАНИЯ ПРИМЕРНЫХ ТРЕНИРОВОЧНЫХ ВАРИАНТОВ ЕГЭ

## Ответы к заданиям части 1

Задание	Вариант				
	1	2	3	4	5
1	13	24	23	34	25
2	15	25	15	23	45
3	12	13	23	15	13
4	35	25	15	24	45
5	13	12	34	15	45
6	136	146	256	146	256
7	23	35	35	34	25
8	34	15	13	25	12
9	45	45	14	34	35
10	12	15	15	45	13
11	53	23	12	32	24
12	15	25	45	51	52
13	35	45	15	25	23
14	35	25	35	13	23
15	35	35	24	14	34
16	23	25	23	14	13
17	12	35	35	34	24
18	35	24	14	24	35
19	34	34	45	12	12
20	35	32	21	12	45
21	35	14	15	35	15
22	25	14	45	25	25

Задание	Вариант				
	1	2	3	4	5
23	34	13	23	12	15
24	4,3	5,3	10,4	13	1,6
25	13,44	22	4,32	4,48	48
26	6,4	10,2	16	96	6,4
27	4235	4651	1331	5461	4216
28	2431	1441	2324	4224	1422
29	6664	1132	2232	5232	5235
30	3212	2123	2441	3211	2212
31	2322	2322	2322	2121	2321
32	3214	3414	5123	3214	4123
33	2254	5344	3524	4435	2254
34	2456	1456	2456	6452	2461
35	3135	5142	5123	6134	2645

## Ответы к заданиям части 2

### Вариант 1

36.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: 1) составлен электронный баланс:	
$\begin{array}{c cc} 2 & \text{Mn}^{+7} + 5\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+2} \\ 1 & \text{P}^{-3} - 8\bar{e} \rightarrow \text{P}^{+5} \end{array}$	
2) указано, что фосфор в степени окисления $-3$ (или фосфин) является восстановителем, а марганец в степени окисления $+7$ (или перманганат калия) — окислителем;	
3) определены недостающие вещества и составлено уравнение реакции:	
$5\text{PH}_3 + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{H}_3\text{PO}_4 + 8\text{MnSO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$	
Ответ правильный и полный, содержит все названные выше элементы	3
Правильно записаны два элемента ответа	2
Правильно записан один элемент ответа	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	3

37.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа.	
Написаны четыре уравнения описанных реакций:	
1) $\text{Cu} + \text{CuO} = \text{Cu}_2\text{O}$	
2) $\text{Cu}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (конц.)} \xrightarrow{t} 2\text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	
3) $2\text{CuSO}_4 + 4\text{KI} = 2\text{CuI} + \text{I}_2 + 2\text{K}_2\text{SO}_4$	
4) $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$	

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Правильно записаны четыре уравнения реакций	4
Правильно записаны три уравнения реакций	3
Правильно записаны два уравнения реакций	2
Правильно записано одно уравнение реакции	1
Все уравнения реакций записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

38.

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Ответ включает в себя пять уравнений реакций, соответствующих схеме превращений:	
1) $\text{CH}_4 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Br} + \text{HBr}$	
2) $\text{CH}_3\text{Br} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{HBr}$ (или $\text{NH}_4\text{Br}$ )	
3) $\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{HNO}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$	
4) $\text{CH}_3\text{OH} + \text{CuO} \rightarrow \text{H}_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O} + \text{Cu}$	
5) $5\text{H}_2\text{CO} + 4\text{KMnO}_4 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{CO}_2 + 4\text{MnSO}_4 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 11\text{H}_2\text{O}$	
Правильно записаны пять уравнений реакций	5
Правильно записаны четыре уравнения реакций	4
Правильно записаны три уравнения реакций	3
Правильно записаны два уравнения реакций	2
Правильно записано одно уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>5</b>

*Примечание.* Допустимо использование структурных формул разного вида (развернутой, сокращенной, скелетной), однозначно отражающих порядок связи атомов и взаимное расположение заместителей и функциональных групп в молекуле органического вещества.

39.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа. 1. Составлены уравнения реакций: $\text{Al}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{H}_2\text{S} \uparrow$ $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{S} = \text{CuS} + \text{H}_2\text{SO}_4$ 2. Рассчитано количество вещества сульфата меди, сероводорода и сульфида алюминия: $n(\text{CuSO}_4) = 480 \cdot 0,2 / 160 = 0,6 \text{ моль}$ $n(\text{H}_2\text{S}) = n(\text{CuSO}_4) = 0,6 \text{ моль}$ $n(\text{Al}_2\text{S}_3) = 1/3 \cdot n(\text{H}_2\text{S}) = 0,2 \text{ моль}$ 3. Рассчитаны массы сульфида алюминия и сульфида калия: $m(\text{Al}_2\text{S}_3) = n \cdot M = 0,2 \cdot 150 = 30 \text{ г}$ $m(\text{K}_2\text{S}) = 40 - 30 = 10 \text{ г}$ 4. Определены массовые доли сульфида калия и сульфида алюминия в исходной смеси: $w(\text{Al}_2\text{S}_3) = 30/40 = 0,75 \text{ или } 75\%$ $w(\text{K}_2\text{S}) = 25\%$	
Ответ правильный и полный, содержит все названные выше элементы	4
Правильно записаны три элемента ответа	3
Правильно записаны два элемента ответа	2
Правильно записан один элемент ответа	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	4

*Примечание.* В случае, когда в ответе содержится ошибка в вычислениях в одном из трех элементов (втором, третьем или четвертом), которая привела к неверному ответу, оценка за выполнение задания снижается только на 1 балл.

40.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, неискажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа.</p> <p>1. Записано уравнение реакции и рассчитана молярная масса альдегида:</p> $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{CHO} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 = \text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH} + \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ $v(\text{Cu}_2\text{O}) = 14,4 / 144 = 0,1 \text{ моль}$ $v(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{CHO}) = v(\text{Cu}_2\text{O}) = 0,1 \text{ моль}$ $M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{CHO}) = m/v = 5,8 / 0,1 = 58 \text{ г/моль}$ <p>2. Определена молекулярная формула вещества:</p> $M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{CHO}) = 12n + 2n + 1 + 12 + 1 + 16 = 14n + 30$ $14n + 30 = 58$ $n = 2$ <p>Молекулярная формула: <math>\text{C}_2\text{H}_5\text{CHO}</math></p> <p>3. Составлена структурная формула вещества:</p> $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CHO}$ <p>4. Записано уравнение реакции вещества с гидроксидом меди(II):</p> $\text{C}_2\text{H}_5\text{CHO} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{COOH} + \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
Правильно записаны три элемента ответа	3
Правильно записаны два элемента ответа	2
Правильно записан один элемент ответа	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	

## Вариант 2

36.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: 1) составлен электронный баланс: $\begin{array}{c c} 1 & 2\text{Cr}^{+6} + 6\bar{e} \rightarrow 2\text{Cr}^{+3} \\ 3 & \text{N}^{+3} - 2\bar{e} \rightarrow \text{N}^{+5} \end{array}$ 2) указано, что азот в степени окисления +3 (или нитрит калия) является восстановителем, а хром в степени окисления +6 (или дихромат калия) — окислителем; 3) определены недостающие вещества и составлено уравнение реакции: $3\text{KNO}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 8\text{HNO}_3 = 5\text{KNO}_3 + 2\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + 4\text{H}_2\text{O}$	
Ответ правильный и полный, содержит все названные выше элементы	3
В ответе допущена ошибка только в одном из элементов	2
В ответе допущены ошибки в двух элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	3

37.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: Написаны четыре уравнения описанных реакций: 1) $\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ 2) $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \text{ (разб.)} = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$ 3) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{S} = \text{CuS}\downarrow + 2\text{KNO}_3$ 4) $\text{CuS} + 4\text{HNO}_3 \text{ (конц.)} = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{S} + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Правильно записаны 4 уравнения реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все уравнения реакций записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

38.

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Ответ включает в себя пять уравнений реакций, соответствующих схеме превращений:	
1) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow{\text{Al}_2\text{O}_3, 400^\circ\text{C}} \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$	
2) $3\text{CH}_2=\text{CH}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $\rightarrow 3\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH} + 2\text{MnO}_2 + 2\text{KOH}$	
3) $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH} + 2\text{HBr} \rightarrow$ $\rightarrow \text{Br}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Br} + 2\text{H}_2\text{O}$	
4) $\text{Br}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Br} + 2\text{KOH(спиртовой)} \rightarrow$ $\rightarrow \text{HC}\equiv\text{CH} + 2\text{KBr} + 2\text{H}_2\text{O}$	
5) $\text{HC}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Hg}^{2+}} \text{CH}_3-\text{CHO}$	
Правильно записаны 5 уравнений реакций	5
Правильно записаны 4 уравнения реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>5</b>

*Примечание.* Допустимо использование структурных формул разного вида (развернутой, сокращенной, скелетной), однозначно отражающих порядок связи атомов и взаимное расположение заместителей и функциональных групп в молекуле органического вещества.

### 39.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа.	
1) Составлены уравнения реакций:	
$2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$	
$2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$	
$\text{Si} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2$	
2) Рассчитано количество вещества алюминия и кремния:	
$n(\text{Al}) = 2/3 \cdot n(\text{H}_2) = 2/3 \cdot 0,224/22,4 = 6,67 \cdot 10^{-3}$ моль	
$n(\text{Si}) = 1/2 \cdot n(\text{H}_2) = 1/2 \cdot (0,336 - 0,224)/22,4 =$	
$= 0,0025$ моль	
3) Рассчитаны массы алюминия и кремния:	
$m(\text{Al}) = 6,67 \cdot 10^{-3} \cdot 27 = 0,18$ г	
$m(\text{Si}) = 0,0025 \cdot 28 = 0,07$ г	
4) Определена массовая доля кремния в исходной смеси:	
$w(\text{Si}) = 0,07/(0,07 + 0,18) = 0,28$ или 28%	

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Ответ правильный и полный, содержит все названные выше элементы	4
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	3
В ответе допущены ошибки в двух из названных выше элементов	2
В ответе допущены ошибки в трех из названных выше элементов	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

*Примечание.* В случае, когда в ответе содержится ошибка в вычислениях в одном из трех элементов (втором, третьем или четвертом), которая привела к неверному ответу, оценка за выполнение задания снижается только на 1 балл.

#### 40.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа:</p> <p>1) Найдены количества веществ углерода, водорода, кислорода:</p> $n(C) = n(CO_2) = 8,8 / 44 = 0,2 \text{ моль}$ $n(H) = 2n(H_2O) = 2 \cdot 5,4 / 18 = 0,6 \text{ моль}$ $m(C) + m(H) = 0,2 \cdot 12 + 0,6 \cdot 1 = 3 \text{ г}$ $m(O) = 4,6 - 3 = 1,6 \text{ г}$ $n(O) = 1,6 / 16 = 0,1 \text{ моль}$ <p>2) Определена молекулярная формула вещества:</p> $C : H : O = 0,2 : 0,6 : 0,1 = 2 : 6 : 1$ <p>Молекулярная формула: <math>C_2H_6O</math></p>	

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
3) Составлена структурная формула вещества: $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$	
4) Записано уравнение реакции получения: $2\text{CH}_3\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4, t} \text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
Допущена ошибка в одном из элементов ответа	3
Допущены ошибки в двух элементах ответа	2
Допущены ошибки в трех элементах ответа	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

### Вариант 3

36.

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Элементы ответа:	
1) составлен электронный баланс: $\begin{array}{c c} 2 & \text{Mn}^{+7} + 5\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+2} \\ 5 & \text{Zn}^0 - 2\bar{e} \rightarrow \text{Zn}^{+2} \end{array}$	
2) указано, что цинк является восстановителем, а марганец в степени окисления +7 (или перманганат калия за счет марганца в степени окисления +7) — окислителем;	
3) определены недостающие вещества и составлено уравнение реакции: $5\text{Zn} + 2\text{KMnO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{ZnSO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$	

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Ответ правильный и полный, содержит все названные выше элементы	3
В ответе допущена ошибка только в одном из элементов	2
В ответе допущены ошибки в двух элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	3

37.

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Элементы ответа:	
Написаны четыре уравнения описанных реакций:	
1) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$	
2) $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$	
3) $2\text{NO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	
4) $3\text{NaNO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} = 3\text{NaNO}_3 + 2\text{KOH} + 2\text{MnO}_2$ (допустимо образование $\text{K}_2\text{MnO}_4$ )	
Правильно записаны 4 уравнения реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все уравнения реакций записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	4

**38.**

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Ответ включает в себя пять уравнений реакций, соответствующих схеме превращений: 1) $C_2H_5Br + 2Na + CH_3Br \rightarrow 2NaBr + CH_3-CH_2-CH_3$ 2) $CH_3-CH_2-CH_3 \xrightarrow{t, Ni} H_2 + CH_3-CH=CH_2$ 3) $3CH_3-CH=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow$ $\rightarrow 3CH_3-CH(OH)-CH_2-OH + 2MnO_2 + 2KOH$ 4) $CH_3-CH(OH)-CH_2-OH + 2HBr \rightarrow$ $\rightarrow CH_3-CH(Br)-CH_2-Br + 2H_2O$ 5) $CH_3-CH(Br)-CH_2-Br + 2KOH(\text{спиртовой}) \rightarrow$ $\rightarrow CH_3-C\equiv CH + 2KBr + 2H_2O$	
Правильно записаны 5 уравнений реакций	5
Правильно записаны 4 уравнения реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>5</b>

*Примечание.* Допустимо использование структурных формул разного вида (развернутой, сокращенной, скелетной), однозначно отражающих порядок связи атомов и взаимное расположение заместителей и функциональных групп в молекуле органического вещества.

**39.**

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Элементы ответа.	
1) Составлены уравнения реакций:	
$NaHSO_4 + NaOH = Na_2SO_4 + H_2O$	
$NaHSO_4 + Sr(OH)_2 = NaOH + SrSO_4 + H_2O$	
$Na_2SO_4 + Sr(OH)_2 = SrSO_4 + 2NaOH$	

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
2) Рассчитано количество вещества гидросульфата натрия:	
$n(\text{NaOH}) = 70 \cdot 1,11 \cdot 0,1 / 40 = 0,194 \text{ моль}$	
$n(\text{NaHSO}_4) = n(\text{NaOH}) = 0,194 \text{ моль}$	
3) Рассчитано количество вещества сульфата натрия:	
$m(\text{NaHSO}_4) = 0,194 \cdot 120 = 23,28 \text{ г}$	
$m(\text{смеси}) = 23,28 / 0,4 = 58,2 \text{ г}$	
$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 58,2 - 23,28 = 34,92 \text{ г}$	
$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 34,92 / 142 = 0,246 \text{ моль}$	
4) Рассчитана масса осадка сульфата стронция:	
$n(\text{SrSO}_4) = n(\text{NaHSO}_4) + n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,44 \text{ моль}$	
$m(\text{SrSO}_4) = 0,44 \cdot 184 = 80,96 \text{ г}$	
Ответ правильный и полный, содержит все названные выше элементы	4
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	3
В ответе допущены ошибки в двух из названных выше элементов	2
В ответе допущены ошибки в трех из названных выше элементов	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	4

*Примечание.* В случае, когда в ответе содержится ошибка в вычислениях в одном из трех элементов (втором, третьем или четвертом), которая привела к неверному ответу, оценка за выполнение задания снижается только на 1 балл.

## 40.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа:</p> <p>1) Найдено количество вещества углерода, водорода, кислорода:</p> $n(C) = n(CO_2) = 13,44 / 22,4 = 0,6 \text{ моль}$ $n(H) = 2n(H_2O) = 2 \cdot 10,8 / 18 = 1,2 \text{ моль}$ $m(C) + m(H) = 0,6 \cdot 12 + 1,2 \cdot 1 = 8,4 \text{ г}$ $m(O) = 11,6 - 8,4 = 3,2 \text{ г}$ $n(O) = 3,2 / 16 = 0,2 \text{ моль}$ <p>2) Определена молекулярная формула вещества:</p> $C : H : O = 0,6 : 1,2 : 0,2 = 3 : 6 : 1$ <p><math>C_3H_6O</math> — простейшая формула</p> $M = D_{\text{возд.}} \cdot 29 = 2 \cdot 29 = 58 \text{ г/моль}$ <p><math>M(C_3H_6O) = 58 \text{ г/моль}</math> — истинная формула</p> <p>Молекулярная формула исходного вещества <math>C_3H_6O</math></p> <p>3) Составлена структурная формула вещества:</p> $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CHO}$ <p>4) Записано уравнение реакции вещества с водородом:</p> $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CHO} + H_2 \xrightarrow{\text{кат., } t} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
Допущена ошибка в одном из элементов ответа	3
Допущены ошибки в двух элементах ответа	2
Допущены ошибки в трех элементах ответа	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	4

## Вариант 4

36.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: 1) составлен электронный баланс: $\begin{array}{c c} 2 & \text{Mn}^{+7} + 5\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+2} \\ 5 & \text{S}^{+4} - 2\bar{e} \rightarrow \text{S}^{+6} \end{array}$ 2) указано, что сера в степени окисления +4 (или сернистый газ) является восстановителем, а марганец в степени окисления +7 (или марганцевая кислота) — окислителем; 3) определены недостающие вещества и составлено уравнение реакции: $5\text{SO}_2 + 2\text{HMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4.$	
Ответ правильный и полный, содержит все названные выше элементы	3
В ответе допущена ошибка только в одном из элементов	2
В ответе допущены ошибки в двух элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	3

37.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: Написаны четыре уравнения описанных реакций: 1) $2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$ Электролиз 2) $2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$ 3) $\text{Cl}_2 + 2\text{NaI} = \text{I}_2 + 2\text{NaCl}$ 4) $\text{I}_2 + 10\text{HNO}_3 \text{ (конц.)} = 2\text{HIO}_3 + 4\text{H}_2\text{O} + 10\text{NO}_2$	

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Правильно записаны 4 уравнения реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все уравнения реакций записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

38.

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Ответ включает в себя пять уравнений реакций, соответствующих схеме превращений:	
$(C_6H_{10}O_5)n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$	
$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$	
$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + H_2O$	
$CH_3COOC_2H_5 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH$	
$CH_3COONa + NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + CH_4$	
Правильно записаны 5 уравнений реакций	5
Правильно записаны 4 уравнения реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>5</b>

*Примечание.* Допустимо использование структурных формул разного вида (развернутой, сокращенной, скелетной), однозначно отражающих порядок связи атомов и взаимное расположение заместителей и функциональных групп в молекуле органического вещества.

## 39.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа.	
1) Составлены уравнения реакций:  $2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$ $PCl_5 + 8KOH = 5KCl + K_3PO_4 + 4H_2O$	
2) Рассчитано исходное количество вещества щелочи:  $n(P) = 4,65/31 = 0,15 \text{ моль}$ $n(PCl_5) = n(P) = 0,15 \text{ моль}, m(PCl_5) =$ $= 0,15 \cdot 208,5 = 31,3 \text{ г}$ $n(KOH)_{\text{исх.}} = 350 \cdot 0,2/56 = 1,25 \text{ моль}$	
3) Рассчитана масса избыточного гидроксида калия:  $n(KOH)_{\text{прореагир.}} = 8n(PCl_5) = 8 \cdot 0,15 \text{ моль} = 1,2 \text{ моль}$ $n(KOH)_{\text{изб.}} = 1,25 - 1,2 = 0,05 \text{ моль}$ $m(KOH) = 0,05 \cdot 56 = 2,8 \text{ г}$	
4) Определена массовая доля щелочи в растворе:  $w(KOH) = 2,8/(350 + 31,3) = 0,0073 \text{ или } 0,73\%$	
Ответ правильный и полный, содержит все названные выше элементы	4
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	3
В ответе допущены ошибки в двух из названных выше элементов	2
В ответе допущены ошибки в трех из названных выше элементов	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

*Примечание.* В случае, когда в ответе содержится ошибка в вычислениях в одном из трех элементов (втором, третьем или четвертом), которая привела к неверному ответу, оценка за выполнение задания снижается только на 1 балл.

40.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа:</p> <p>1) Найдено соотношение количеств веществ углерода и водорода:</p> $\text{C : H} = 87,81/12 : 12,19/1 = 7,3175 : 12,19 = \\ = 1 : 1,666 = 6 : 10$ <p>2) Определена молекулярная формула вещества:</p> $\text{C}_6\text{H}_{10}$ <p>3) Составлена структурная формула вещества:</p> $\text{CH}_3—\text{C}(\text{CH}_3)_2—\text{C}\equiv\text{CH}$ <p>4) Записано уравнение реакции вещества с аммиачным раствором оксида серебра:</p> $\text{CH}_3—\text{C}(\text{CH}_3)_2—\text{C}\equiv\text{CH} + [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow \\ \rightarrow \text{CH}_3—\text{C}(\text{CH}_3)_2—\text{C}\equiv\text{CAg} \downarrow + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
Допущена ошибка в одном из элементов ответа	3
Допущены ошибки в двух элементах ответа	2
Допущены ошибки в трех элементах ответа	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	4

## Вариант 5

**36.**

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Элементы ответа:	
1) составлен электронный баланс:	
$\begin{array}{c c} 6 & \text{Mn}^{+7} + 5\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+2} \\ 5 & \text{I}^{-1} - 6\bar{e} \rightarrow \text{I}^{+5} \end{array}$	
2) указано, что иод в степени окисления $-1$ (или иодид калия) является восстановителем, а марганец в степени окисления $+7$ (или перманганат калия) – окислителем;	
3) определены недостающие вещества и составлено уравнение реакции:	
$5\text{KI} + 6\text{KMnO}_4 + 9\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{KIO}_3 + 6\text{MnSO}_4 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 9\text{H}_2\text{O}$	
Ответ правильный и полный, содержит все названные выше элементы	3
В ответе допущена ошибка только в одном из элементов	2
В ответе допущены ошибки в двух элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	3

**37.**

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Элементы ответа:	
Написаны четыре уравнения описанных реакций:	
$2\text{Al} + 3\text{Br}_2 = 2\text{AlBr}_3$ $\text{AlBr}_3 + 3\text{NaHCO}_3 = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow + 3\text{NaBr}$ $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HI} = \text{AlI}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ $10\text{AlI}_3 + 6\text{KMnO}_4 + 24\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 15\text{I}_2 + 6\text{MnSO}_4 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 24\text{H}_2\text{O}$	

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Правильно записаны 4 уравнения реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все уравнения реакций записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

38.

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
Ответ включает в себя пять уравнений реакций, соответствующих схеме превращений:	
$\text{CH}_3\text{—CH}_3 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{Br} + \text{HBr}$	
$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{Br} + \text{KOH}_{(\text{спиртов.})} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$	
$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{—CHO}$	
$\text{CH}_3\text{—CHO} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{—COONH}_4 + 2\text{Ag} + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	
$\text{CH}_3\text{—COONH}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{—CO—NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$	
Правильно записаны 5 уравнений реакций	5
Правильно записаны 4 уравнения реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано 1 уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>5</b>

*Примечание.* Допустимо использование структурных формул разного вида (развернутой, сокращенной, скелетной), однозначно отражающих порядок связи атомов и взаимное расположение заместителей и функциональных групп в молекуле органического вещества.

## 39.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа.	
1) Составлены уравнения реакций: $\text{NaHSO}_4 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NaHSO}_4 + \text{Ba(OH)}_2 = \text{BaSO}_4 + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Ba(OH)}_2 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaOH}$	
2) Рассчитано количество вещества и масса гидросульфата натрия:	
$n(\text{NaOH}) = 144 \cdot 1,11 \cdot 0,1 / 40 = 0,4 \text{ моль}$ $n(\text{NaHSO}_4) = n(\text{NaOH}) = 0,4 \text{ моль}$ $m(\text{NaHSO}_4) = 0,4 \cdot 120 = 48 \text{ г}$	
3) Рассчитано количество вещества и масса сульфата натрия:	
$m(\text{смеси}) = 48 / 0,4 = 120 \text{ г}$ $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 120 - 48 = 72 \text{ г}$ $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 72 / 142 = 0,5 \text{ моль}$	
4) Определена масса осадка сульфата бария:	
$n_1(\text{BaSO}_4) = n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,5 \text{ моль}$ $n_2(\text{BaSO}_4) = n(\text{NaHSO}_4) = 0,4 \text{ моль}$ $n(\text{BaSO}_4) = 0,5 + 0,4 = 0,9 \text{ моль}$ $m(\text{BaSO}_4) = 0,9 \cdot 233 = 209,7 \text{ г}$	
Ответ правильный и полный, содержит все названные выше элементы	4
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	3
В ответе допущены ошибки в двух из названных выше элементов	2
В ответе допущены ошибки в трех из названных выше элементов	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	4

*Примечание.* В случае, когда в ответе содержится ошибка в вычислениях в одном из трех элементов (втором, третьем или четвертом), которая привела к неверному ответу, оценка за выполнение задания снижается только на 1 балл.

40.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа: 1) Записано уравнение реакции и найдена молярная масса спирта:	
$C_nH_{2n}(OH)_2 + 2Na \rightarrow C_nH_{2n}(ONa)_2 + H_2$ $n(H_2) = 8,96 : 22,4 = 0,4 \text{ моль}$ $n(C_nH_{2n}(OH)_2) = n(H_2) = 0,4 \text{ моль}$ $M(C_nH_{2n}(OH)_2) = 30,4 / 0,4 = 76 \text{ г/моль}$	
2) Определена молекулярная формула вещества:	
$M(C_nH_{2n}(OH)_2) = 12n + 2n + 34 = 76 \text{ г/моль}$ $14n + 34 = 76$ $14n = 42$ $n = 3$	
Молекулярная формула — $C_3H_6(OH)_2$	
3) Составлена структурная формула вещества: Структурная формула: $HO—CH_2—CH_2—CH_2—OH$	
4) Записано уравнение реакции вещества с натрием:	
$HO—CH_2—CH_2—CH_2—OH + 2Na \rightarrow$ $\rightarrow NaO—CH_2—CH_2—CH_2—ONa + H_2$	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
Допущена ошибка в одном из элементов ответа	3
Допущены ошибки в двух элементах ответа	2
Допущены ошибки в трех элементах ответа	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	4

*Справочное издание*  
**Каверина Аделаида Александровна**  
**Добротин Дмитрий Юрьевич**  
**Медведев Юрий Николаевич**

**ЕГЭ**  
**ХИМИЯ**  
**Высший балл**

**САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА К ЕГЭ**

Издательство «**ЭКЗАМЕН**»

Гигиенический сертификат  
№ РОСС RU.ПЩ01.Н00199 от 19.05.2016 г.

Главный редактор *Л. Д. Лаппо*

Редактор *Н. В. Стрелецкая*

Технический редактор *Л. В. Павлова*

Корректоры *О. Ю. Казанаева, И. Д. Баринская*

Дизайн обложки *Л. В. Демьянова*

Компьютерная верстка *А. С. Федотова*

107045, Москва, Луков пер., д. 8.

[www.examen.biz](http://www.examen.biz)

E-mail: по общим вопросам: [info@examen.biz](mailto:info@examen.biz);

по вопросам реализации: [sale@examen.biz](mailto:sale@examen.biz)

тел./факс 8 (495) 641-00-30 (многоканальный)

Общероссийский классификатор продукции  
ОК 005-93, том 2; 953005 — книги, брошюры,  
литература учебная

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами  
в ООО «ИПК Парето-Принт», г. Тверь, [www.pareto-print.ru](http://www.pareto-print.ru)

**По вопросам реализации обращаться по тел.:  
8 (495) 641-00-30 (многоканальный).**