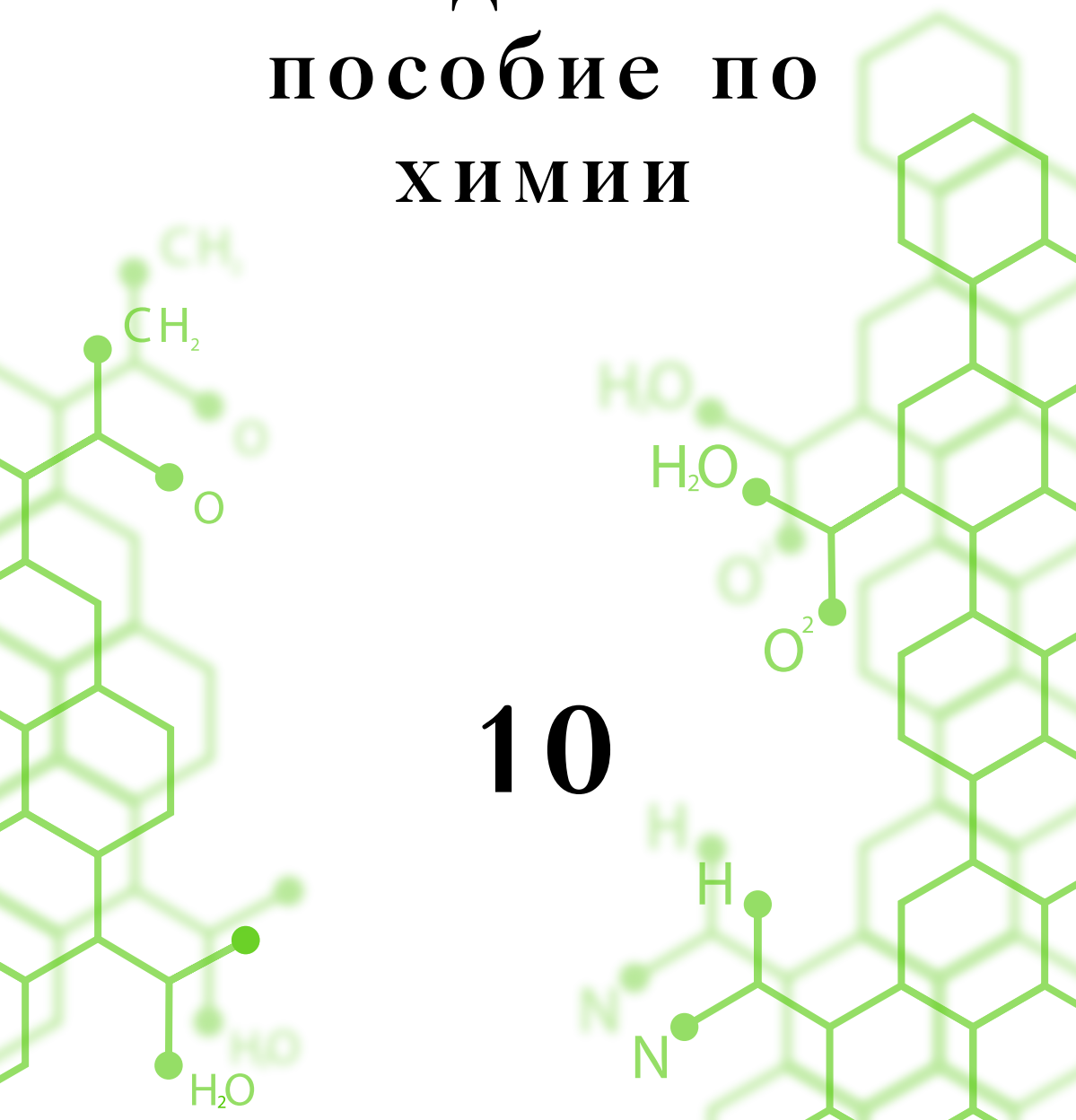




# Методическое пособие по ХИМИИ

10



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

2023 год

## Оглавление

1. Вводное занятие .....	3
2. Строение электронных оболочек атомов .....	10
3. Закономерности изменения химических свойств элементов и их соединений по периодам и группам .....	15
4. Электроотрицательность. Степень окисления и валентность химических элементов .....	27
5. Ковалентная, ионная, металлическая и водородная связи. Типы кристаллических решеток .....	30
6. Классификация неорганических веществ .....	33
7. Характерные химические свойства неорганических соединений .....	38
8. Взаимосвязь неорганических веществ .....	52
9. Классификация органических веществ .....	62
10. Теория строения органических соединений .....	68
11. Характерные химические свойства углеводородов .....	74
12. Характерные химические свойства азотсодержащих органических соединений .....	89
13. Характерные химические свойства углеводородов .....	97
14. Характерные химические свойства предельных кислородсодержащих органических соединений .....	103
15. Взаимосвязь углеводородов, кислородсодержащих и азотсодержащих органических соединений .....	126
16. Классификация химических реакций в неорганической и органической химии .....	130
17. Скорость реакции, ее зависимость от различных факторов .....	134
18. Окислительно-восстановительные реакции .....	138
19. Электролиз расплавов и растворов .....	144
20. Гидролиз солей .....	150

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

Данное методическое пособие представляет собой описание ЕГЭ по химии, который будет проходить в 2023 году. В нее включены описание структуры ЕГЭ, цели проведения ЕГЭ, материалы подготовки к ЕГЭ, рекомендации по сдаче, рекомендации по подготовке к экзаменационной работе. Единый государственный экзамен (ЕГЭ) представляет собой форму государственной итоговой аттестации, которая проводится в целях определения соответствия результатов освоения обучающимися образовательных программ среднего общего образования соответствующим требованиям федерального государственного образовательного стандарта. Для указанных целей используются контрольные измерительные материалы (КИМ), которые представляют собой комплексы заданий стандартизированной формы.

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

## 1 Вводное занятие

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

Любой вариант экзаменационной работы изготовлен по единому плану: работа всегда состоит из двух частей, которые включают в себя 34 задания. Часть №1 содержит 28 заданий с кратким отве-



том, в их числе 17 заданий базового - простого уровня сложности (в варианте они присутствуют под номерами: 1–5, 10, 11, 13, 17–21, 25–28) и 11 заданий повышенного - среднего уровня сложности (их порядковые номера: 6–9, 12, 14–16, 22–24). Часть №2 содержит 6 заданий высокого уровня сложности, который предполагает развернутый ответ. Это задания под номерами 29–34. Общие сведения о распределении заданий по частям экзаменационной работы и их основных характеристиках представлены в таблице:

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

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

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

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

Так, задания базового уровня сложности с кратким ответом проверяют усвоение значительного количества (42 из 56) элементов

содержания важнейших разделов школьного курса химии: «Теоретические основы химии», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Методы познания в химии. Химия и жизнь». Согласно требованиям стандарта к уровню подготовки выпускников эти знания являются обязательными для освоения каждым.

Задания данной группы имеют сходство по формальному признаку – по форме краткого ответа, записывающийся в виде последовательности цифр или в виде числа с заданной степенью точности. Однако, по формулировкам условия они имеют серьезные отличия, чем, определяются отличия в поиске верного ответа. Это может быть задания с единым контекстом (как, например, задания 1–3), с выбором двух или нескольких верных ответов из пяти, а также задания «на установление соответствия между позициями двух множеств». Каждое задание базового уровня сложности независимо от формата, в котором оно представлено, ориентировано на проверку усвоения одного или нескольких элементов содержания, относящихся к одной теме курса. Однако это не является основанием для того, чтобы отнести данные задания к категории лёгких, не требующих особых усилий для формулирования верного ответа. Напротив, выполнение любого из этих заданий предполагает обязательный и тщательный анализ условия и применение знаний в системе. Задания повышенного уровня сложности с кратким ответом, который устанавливается в ходе выполнения задания и записывается согласно указаниям в виде определённой последовательности цифр, ориентированы на проверку усвоения обязательных элементов содержания основных образовательных программ по химии не только базового, но и углублённого уровней. В сравнении с заданиями предыдущей группы они предусматривают выполнение большего разнообразия действий в ситуации, которая предусматривает применение знаний в условиях большого охвата теоретического материала и практических умений (например, для анализа химических свойств нескольких классов органических или неорганических веществ), а также сформированность умений систематизировать и обобщать полученные знания.

В экзаменационной работе предложена только одна разновидность этих заданий: на установление соответствия позиций, представленных в двух множествах. Это может быть соответствие между: названием органического соединения и классом/группой, к которому

оно принадлежит; фактором, влияющим на состояние химического равновесия, и направлением его смещения; исходными веществами и продуктами реакции между этими веществами; названием или формулой соли и продуктами, которые образуются на инертных электродах при электролизе её водного раствора, и т.д.

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

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

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

Задания с развёрнутым ответом ориентированы на проверку следующих умений:

- объяснять обусловленность свойств и применения веществ их составом и строением, характер взаимного влияния атомов в молекулах органических соединений, взаимосвязь неорганических и органических веществ, сущность и закономерность протекания изученных типов реакций;
- проводить расчёты указанных физических величин по представленным в условии задания данным, а также комбинированные расчёты по уравнениям химических реакций.

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

Распределение заданий КИМ по уровням сложности приведено в таблице

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

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

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

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

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

Развёрнутые ответы проверяются по критериям экспертами предметных комиссий субъектов Российской Федерации.

Задания части №2 (с развёрнутым ответом) предполагают проверку от двух до пяти элементов ответа. Задания с развёрнутым ответом могут быть выполнены выпускниками различными способами.

Наличие каждого требуемого элемента ответа оценивается 1 баллом, поэтому максимальная оценка верно выполненного задания составляет от 2 до 5 баллов: за выполнение заданий 29 и 30 можно получить максимально по 2 балла; за выполнение заданий 31 и 34 – по 4 балла; за выполнение задания 32 – 5 баллов; за выполнение задания 33 – 3 балла. Проверка выполнения заданий части 2 осуществляется на основе поэлементного анализа ответа участника экзамена в соответствии с критериями оценивания выполнения задания.

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

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

Перевод первичных баллов в тестовые баллы.

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

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

1. Изменён формат предъявления условия задания 23, которое ори-

ентированно на проверку умения провести расчёты концентраций веществ в системе: вместо таблицы количественных данных все элементы будут представлены в текстовом формате.

2. Изменена последовательность заданий 33 и 34.

3. Изменён уровень сложности заданий 9, 12 и 16: В 2023 году указанные задания будут представлены на повышенном уровне сложности.

В целом принятые изменения в экзаменационной работе 2023 г. ориентированы на повышение объективности проверки сформированности ряда важных умений, в первую очередь таких, как анализ текста условия задания, представленного в различной форме (таблица, схема, график), комбинирование аналитической и расчётной деятельности, анализ состава веществ и прогноз возможности протекания реакций между ними, моделирование процессов и описание признаков их протекания и др.

### **Продолжительность экзамена**

Общая продолжительность выполнения экзаменационной работы составляет 3 часа 30 минут (210 минут).

### **Дополнительные материалы и оборудование**

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

К каждому варианту экзаменационной работы прилагаются следующие материалы:

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

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

## 2 Строение электронных оболочек атомов

Для успешного решения задания ЕГЭ №1 по химии необходимо знать строение электронных оболочек атомов элементов первых четырёх периодов:  $s$ -,  $p$ - и  $d$ -элементы, электронную конфигурацию атома, основное и возбуждённое состояние атомов.

При первичном ознакомлении с понятием «атом» в школе можно услышать такое определение как «мельчайшая частица вещества». К сожалению, оно не совсем справедливо, поэтому давайте ознакомимся с начальными понятиями, используемыми в науках, связанных с производством и применением различных веществ.

Атом - электронейтральная частица, состоящая из положительно заряженного ядра и вращающихся вокруг него отрицательно заряженных электронов. Ядро атома состоит из протонов и нейтронов (нуклонов). В целом атом электронейтрален, потому что число протонов равно числу электронов.

Основные характеристики протонов, нейтронов и электронов указаны в таблице:

Частица	Обозначение	Заряд	Массовое число	Масса, а.е.м.
Электрон	$e$	-1	0	0,00055
Протон	$p$	+1	1	1,0073
Нейтрон	$n$	0	1	1,0087

Характеристики протонов, нейтронов и электронов

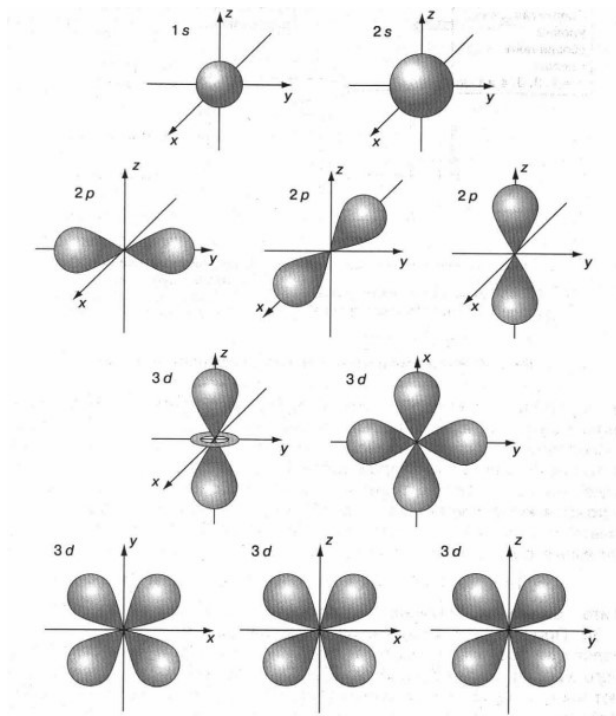
Заряд ядра численно равен порядковому (атомному) номеру элемента в периодической системе элементов Д. И. Менделеева:

Порядковый номер = Заряд ядра = Число протонов = число электронов в атоме.

Для характеристики состояния каждого электрона в атоме используется понятие Атомной орбитали (АО), которая представляет собой пространство в атоме, в которой вероятность нахождения максимальна.

Атомная орбиталь имеет определенную форму, орбитали различной симметрии обозначаются буквами  $s$ ,  $p$ ,  $d$ ,  $f$ .  $S$  и  $P$  довольно простой формы:  $S$  – орбитали имеют форму шара,  $P$  – орбитали – форму объёмной восьмерки (гантели). Данные орбитали представ-

лены на рисунке:



Формы атомных орбиталей.

Атомные орбитали группируются, при этом образуя так называемые энергетические уровни и подуровни. Энергетические уровни обозначают числом ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ). Каждый уровень состоит из подуровней (число подуровней в уровне = номер уровня). Первый уровень состоит только из  $1s$ -подуровня, а второй уже из  $2s$ - и  $2p$ -подуровней, и т.д.

Электронная конфигурация показывает на каких энергетических уровнях, подуровнях и орбиталях находятся электроны в атоме. Электроны постепенно заполняют атомные орбитали в следующем порядке.

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < \dots$$



Электроны, которые находятся на последнем уровне, называются внешними электронами. Электроны, принимающие участие в образовании химической связи – валентные электроны. Электронные конфигурации атомов элементов 1-4-го периодов представлены в таблице:

Период	Z	Символ	Электронная формула
I	1	H	1s <sup>1</sup>
	2	He	1s <sup>2</sup>
II	3	Li	1s <sup>2</sup> 2s <sup>1</sup>
	4	Be	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup>
	5	B	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>
	6	C	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>
	7	N	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>
	8	O	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>
	9	F	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>
	10	Ne	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>
III	11	Na	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>1</sup>
	12	Mg	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup>
	13	Al	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>
	14	Si	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>
	15	P	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>
	16	S	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>
	17	Cl	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>
	18	Ar	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>
IV	19	K	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>1</sup>
	20	Ca	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup>
	21	Sc	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>1</sup>
	22	Ti	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>2</sup>
	23	V	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>3</sup>
	24	Cr	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>1</sup> 3d <sup>5</sup> «провал» электрона с s- на d-подуровень
	25	Mn	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>5</sup>
	26	Fe	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>6</sup>
	27	Co	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>7</sup>
	28	Ni	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>8</sup>
29	Cu	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>1</sup> 3d <sup>10</sup> «провал» электрона с s- на d-подуровень	
30	Zn	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup>	
31	Ga	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>1</sup>	
32	Ge	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>2</sup>	
33	As	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>3</sup>	
34	Se	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>4</sup>	
35	Br	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>5</sup>	
36	Kr	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>6</sup>	

Конфигурации атомов элементов 1-4-го периодов.

Для лучшего представления электронных конфигураций на рис.1 представлены графические схемы электронных конфигураций атомов.

Основное и возбужденное состояние атома отражаются на электронных конфигурациях. Возбужденное состояние связано с движением электронов относительно атомных ядер. Говоря проще: при

Атом	Электронная конфигурация	Графическое изображение электронной конфигурации внешнего уровня
${}^1_1\text{H}$	$1s^1$	$\begin{array}{ c } \hline \uparrow \\ \hline 1s \\ \hline \end{array}$
${}^2_2\text{He}$	$1s^2$	$\begin{array}{ c } \hline \uparrow\downarrow \\ \hline 1s \\ \hline \end{array}$
${}^3_3\text{Li}$	$1s^2 2s^1$	$\begin{array}{ c } \hline \uparrow \\ \hline 2s \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c c c } \hline & & \\ \hline 2p \\ \hline \end{array}$
${}^4_4\text{Be}$	$1s^2 2s^2$	$\begin{array}{ c } \hline \uparrow\downarrow \\ \hline 2s \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c c c } \hline & & \\ \hline 2p \\ \hline \end{array}$
${}^5_5\text{B}$	$1s^2 2s^2 2p^1$	$\begin{array}{ c } \hline \uparrow\downarrow \\ \hline 2s \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c c c } \hline \uparrow & & \\ \hline 2p \\ \hline \end{array}$
${}^6_6\text{C}$	$1s^2 2s^2 2p^2$	$\begin{array}{ c } \hline \uparrow\downarrow \\ \hline 2s \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c c c } \hline \uparrow & \uparrow & \\ \hline 2p \\ \hline \end{array}$
${}^7_7\text{N}$	$1s^2 2s^2 2p^3$	$\begin{array}{ c } \hline \uparrow\downarrow \\ \hline 2s \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{ c c c } \hline \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline 2p \\ \hline \end{array}$

Рис. 1: Графическое представление схем электронных конфигураций атомов первых двух периодов.

возбуждении пары электронов распариваются и занимают новые ячейки.

Возбужденное состояние является для атома нестабильным, поэтому долгое время в нем он пребывать не может. У некоторых атомов: азота, кислорода, фтора - возбужденное состояние невозможно, так как отсутствуют свободные орбитали ("ячейки") - электронам некуда перескакивать, к тому же *d*-орбиталь у них отсутствует (они во втором периоде).

Давайте далее рассмотрим общий пример задания №1.

### Задание 1

Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии имеют одинаковое число неспаренных электронов. Запишите номера выбранных элементов. Для выполнения задания используйте следующий ряд химических элементов:

1)Cs 2)C 3)O 4)Cr 5)N

Ответом в задании будет последовательность цифр, под которыми находятся эти химические элементы в данном ряду.

### Решение

Запишем электронные формулы:

1. Cs –  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^1$  - один неспаренный электрон

2. C –  $1s^2 2s^2 2p^2$  - два неспаренных электрона

3. O –  $1s^2 2s^2 2p^4$  - два неспаренных электрона

4. Cr –  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$  - шесть неспаренных электронов

5. N –  $1s^2 2s^2 2p^3$  - три неспаренных электрона

Ответ: 2,3

### 3 Закономерности изменения химических свойств элементов и их соединений по периодам и группам

Для успешного решения задания №2 необходимо знать закономерности изменения химических свойств элементов и их соединений по периодам и группам, общую характеристику металлов IA-IIIА, IVА-VIIА групп в связи с их положением в Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева и особенностями строения их атомов, характеристику переходных элементов – меди, цинка, хрома, железа — по их положению в Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева и особенностям строения их атомов.

Умение пользоваться Периодической системой химических элементов является базовым начальным навыком любого студента, работника или исследователя, связавшего свою деятельность с химией, биологией, физикой или дисциплинами, совмещающими в себе эти науки, как, например, агротехнология. Периодическая система позволяет быстро ориентироваться в имеющемся множестве химических элементов, выводить их соединения и свойства в зависимости от расположения в таблице.

Так, Периодическая система является каталогом известных человечеству химических элементов, главным достоинством которого является четкая сортировка элементам по их свойствам. Она далеко не всегда имела тот удобный вид, который сейчас можно найти в любом учебнике химии. Чтобы этого добиться, предпринималось множество попыток систематизации имеющихся знаний, поиска зависимостей и исключений. Самой успешной реализацией системы элементов является известная нам таблица Менделеева, предложенная в 1869 г. Расположение элементов в этой таблице подчиняется сформулированному им периодическому закону.

Периодический закон Д. И. Менделеева:

«Свойства элементов, а также свойства образуемых ими соединений находятся в периодической зависимости от величины заряда атомных ядер».

Периодическая система химических элементов представлена на рисунке:

+1 +2 +3 +4 +5 +6 +7 +8

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА																		VII		VIII		
																		(H)	He			
1	H																	2	He	ГЕЛИЙ		
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	НЕОН			
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	АРГОН			
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni			Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	КРИПТОН		
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd			Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	КСЕНОН		
6	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
7	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	(No)	(Lr)					

-4 -3 -2 -1

Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева.

Место элемента в Периодической системе определяется номером группы и номером периода.

Группы - вертикальные столбцы Периодической системы. Группа состоит из двух подгрупп - главной и побочной. Главную подгруппу обозначают латинской буквой A (группа A), побочную - латинской буквой B (группа B). Атомы элементов одной группы, как правило, имеют одинаковое число валентных электронов и одинаковую высшую степень окисления.

Период - горизонтальный ряд элементов, расположенных в порядке возрастания зарядов ядер атомов. В Периодической системе Д. И. Менделеева семь периодов. Порядковый номер элемента указывает на общее число электронов в атоме элемента, номер периода указывает на число энергетических уровней, на которых расположены электроны в этом атоме в основном состоянии.

Изменение свойств элементов в таблице Менделеева наиболее просто можно систематизировать в зависимости от направления рассмотрения по группе или периоду.

Так, в главных подгруппах сверху вниз:

Возрастает:

- 1) Число заполненных электронных слоёв
- 2) Атомные радиусы элементов
- 3) Лёгкость отдачи внешних электронов
- 4) Металлические свойства

Уменьшается:

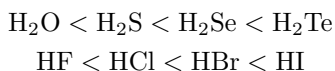
- 1) Электроотрицательность
- 2) Неметаллические свойства

Кислотные свойства оксидов и гидроксидов сверху вниз по подгруппе уменьшаются, а основные – усиливаются

$\uparrow$ кислотные свойства $\downarrow$ основные свойства	$N_2O_5$	кислотный оксид
	$P_2O_5$	кислотный оксид
	$As_2O_5$	кислотный оксид
	$Sb_2O_5$	амфотерный оксид с преобладанием кислотных свойств
	$Bi_2O_5$	амфотерный оксид с преобладанием основных свойств

Изменение свойств оксидов по подгруппе.

По группе сверху вниз возрастает также кислотность бескислородных кислот. Так, сила кислот возрастает в рядах:



С возрастанием порядкового номера в периоде:

Уменьшаются:

- 1) Радиус атома (см. рис. 2)
- 2) Восстановительные свойства
- 3) Низшие степени окисления
- 4) Металлические свойства

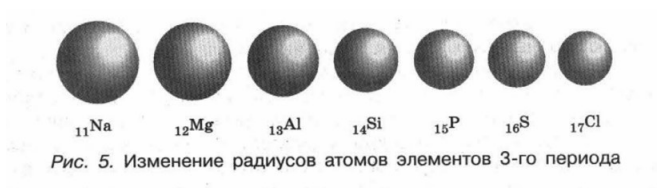
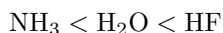


Рис. 2: Изменение радиуса атома по периоду

Увеличиваются:

- 1) Заряд ядра атома
- 2) Число электронов на внешнем энергетическом уровне
- 3) Окислительные свойства
- 4) Высшие степени окисления
- 5) Неметаллические свойства
- 6) Электроотрицательность

Поэтому по периоду ослабевают основные характер оксидов и гидроксидов и происходит усиление их кислотных свойств. Кислотные свойства водородных соединений также усиливаются:



Давайте далее рассмотрим более детально каждую часть таблицы Менделеева по отдельности. В зависимости от принадлежности к той или иной группе или периоду элементы и их соединения проявляют свойства, в целом подчиняющиеся зависимостям, описанным ранее. Так, ниже представлена краткая характеристика основных элементов и их соединений в зависимости от группы и периода.

### Общая характеристика химических элементов

#### IA группа

Щелочные металлы: литий Li, натрий Na, калий K, рубидий Rb, цезий Cs и франций Fr s-элементы. На внешнем энергетическом уровне один валентный  $ns^1$ -электрон.

Сильно выраженные металлические свойства.

Степень окисления: +1.

Оксиды и гидроксиды элементов: основной характер.

Li	6,941	3
2s <sup>1</sup>		
Литий		
Na	22,990	11
3s <sup>1</sup>		
Натрий		
K	39,098	19
4s <sup>1</sup>		
Калий		
Rb	85,468	37
5s <sup>1</sup>		
Рубидий		
Cs	132,905	55
6s <sup>1</sup>		
Цезий		

### Элементы IA-группы

#### IIA группа

Металлические элементы: бериллий Be, магний Mg и щёлочноземельные металлические элементы: кальций Ca, стронций Sr, барий Ba и радий Ra *s*-элементы. На внешнем энергетическом уровне: два спаренных *ns*<sup>2</sup>-электрона.

В основном состоянии: валентность 0, II.

В возбуждённом состоянии: степень окисления +2.

Оксид бериллия (BeO) и гидроксид бериллия (Be(OH)<sub>2</sub>): амфотерные свойства.

Оксиды и гидроксиды других элементов: основные свойства.

Be	9,012	4
2s <sup>2</sup>		
Бериллий		
Mg	24,305	12
3s <sup>2</sup>		
Магний		
Ca	40,08	20
4s <sup>2</sup>		
Кальций		
Sr	87,62	38
5s <sup>2</sup>		
Стронций		
Ba	137,34	56
6s <sup>2</sup>		
Барий		
Ra	226(225)	88
7s <sup>2</sup>		
Радий		

### Элементы IIA-группы

#### IIIA группа

В состав главной подгруппы III группы Периодической системы



входят: неметаллический элемент бор и металлические элементы: алюминий *Al*, галлий *Ga*, индий *In* и таллий *Tl* (рис.12) *p*-элементы. Внешний энергетический уровень: три  $ns^2np^1$ -электрона. Характерная степень окисления и *Al*: +3.

*Al – Tl*: одновалентное состояние элементов.

Оксид бора ( $B_2O_3$ ), гидроксид бора ( $H_3BO_3$ ): кислотные свойства. Оксиды алюминия ( $Al_2O_3$ ), галлия ( $Ga_2O_3$ ) и индия ( $In_2O_3$ ), гидроксиды  $Al(OH)_3$ ,  $Ga(OH)_3$  и  $In(OH)_3$ : амфотерные свойства.

Оксид таллия ( $Tl_2O_3$ ) и гидроксид таллия ( $Tl(OH)_2$ ): основные свойства.

3 2	<b>B</b> 10,81 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>	5
Бор		
3 2	<b>Al</b> 26,981 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	13
Алюминий		
3 18 8 2	<b>Ga</b> 69,72 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup>	31
Галлий		
3 18 18 8 2	<b>In</b> 114,82 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup>	49
Индий		
3 18 32 18 8 2	<b>Tl</b> 204,37 6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup>	81
Таллий		

Рис. 3: Элементы IIIA-группы

### Переходные элементы (*d*-элементы)

#### Медь (Cu)

Принадлежит к элементам В подгруппы I группы Периодической системы.

Металлический элемент.

В атоме Cu в  $3d$ -состоянии должны находиться 9 электронов. Однако вследствие устойчивости  $d^{10}$ -конфигурации энергетически оказывается более выгодным переход одного из  $4s$ -электронов в  $3d$ -состояние.

Внешний энергетический уровень: один  $4s^1$ -электрон.

Предвнешний энергетический уровень:  $18e$ .

Характерна степень окисления: +2, также может проявлять +1.  
Оксид меди(I) ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ): основные свойства.  
Гидроксид меди(I) ( $\text{CuOH}$ ): неустойчив.  
Оксид меди(II) ( $\text{CuO}$ ): основные свойства.  
Гидроксид меди(II) ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ): слабое основание, которое проявляет слабые амфотерные свойства.

### Цинк (Zn)

Входит в состав В подгруппы II группы Периодической системы.  
Металлический элемент.  
Внешний энергетический уровень:  $2s$ -электрона.  
Предвнешний энергетический уровень: 18.  
Характерна степень окисления: +2.  
Оксид цинка ( $\text{ZnO}$ ) и гидроксид цинка ( $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ): амфотерные свойства.

### Хром (Cr)

Принадлежит к элементам В подгруппы VI группы Периодической системы.  
Металлический элемент.  
Наблюдается проскок одного электрона с  $4s$ - на  $3d$ - подуровень. Это объясняется тем, что электронная конфигурация  $d^5$  - является устойчивой, и  $d$ -элементы стремятся достичь стабильного  $d^5$ -состояния.  
Характерна степень окисления: +2, +3 и +6.  
Оксид хрома(II) ( $\text{CrO}$ ), гидроксид хрома(II) ( $\text{Cr}(\text{OH})_2$ ): основные свойства.  
Оксид хрома(III) ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), гидроксид хрома(III) ( $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ): амфотерные свойства.  
Оксид хрома(VI) ( $\text{CrO}_3$ ), хромовая кислота ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ): кислотные свойства.

### Железо (Fe)

Внешний энергетический уровень:  $2s$ -электрона.  
Предвнешний энергетический уровень:  $14e$ .  
Характерна степень окисления: +2, +3, известна +6 ( $\text{Me}_2\text{FeO}_4$ ).  
Оксид железа(II) ( $\text{FeO}$ ): основные свойства.  
Гидроксид железа(II) ( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ): основание средней силы с признаками амфотерности.

Оксид железа(III) ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), гидроксид железа(III) ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ): слабые амфотерные свойства.

#### IVA группа

Неметаллические элементы: углерод C и кремний Si, а также металлические элементы: германий Ge, олово Sn и свинец Pb.

Внешний энергетический уровень в основном состоянии:  $ns^2np^2$ .

Характерна степень окисления:

Для C: -4, +2, +4;

Для Si: -4, +4;

Для Ge, Sn, Pb: +2 и +4.

Оксид углерода(II) (CO): несолеобразующий оксид.

Оксид углерода(IV) ( $\text{CO}_2$ ): кислотный оксид ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).

Оксид кремния(IV) ( $\text{SiO}_2$ ) и кремниевая кислота кислотные свойства.

Оксиды германия(II) ( $\text{GeO}$ ), олова(II) ( $\text{SnO}$ ) и свинца(II) ( $\text{PbO}$ ), гидроксиды  $\text{Ge}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  и  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ : амфотерные свойства.

Оксиды германия(IV) ( $\text{GeO}_2$ ), олова(IV) ( $\text{SnO}_2$ ) и свинца(IV) ( $\text{PbO}_2$ ): амфотерные с преобладанием кислотных свойств.

4 2	<b>C</b> 12,011 $2s^22p^2$ Углерод	6
4 8 2	<b>Si</b> 28,086 $3s^23p^2$ Кремний	14
4 18 8 2	<b>Ge</b> 72,59 $4s^24p^2$ Германий	32
4 18 18 8 2	<b>Sn</b> 118,69 $5s^25p^2$ Олово	50
4 18 32 18 2	<b>Pb</b> 207,2 $6s^26p^2$ Свинец	82

Элементы IV-группы

#### VA группа

Неметаллические элементы: азот N, фосфор P и мышьяк As, а также металлические элементы: сурьма Sb и висмут Bi.

Внешний энергетический уровень в основном состоянии:  $ns^2np^3$ .

Максимальная валентность азота: IV.

Степень окисления азота: от -3 до +5.

Характерная степень окисления для всех остальных элементов VA группы: -3, +3 и +5.

Оксид азота(I) ( $N_2O$ ) и оксид азота (II)( $NO$ ): несолообразующие.  
 Оксид азота(III) ( $N_2O_3$ ), оксид азота(IV) ( $NO_2$ ) и оксид азота(V) ( $N_2O_5$ ): кислотные (соответствует азотистая ( $HNO_2$ ) и азотная ( $HNO_3$ ) кислоты).

Оксид фосфора(III) ( $P_2O_3$ ) и фосфора(V) ( $P_2O_5$ ), фосфористая кислота ( $H_3PO_3$ ), метафосфорная ( $HPO_3$ ) и ортофосфорная ( $H_3PO_4$ ): кислотные свойства.

Оксиды мышьяка(III) ( $As_2O_3$ ) и сурьмы(III) ( $Sb_2O_3$ ): амфотерные свойства.

Оксид висмута(III) ( $Bi_2O_3$ ): основные свойства.

Гидроксиды  $As(OH)_3$ ,  $Sb(OH)_3$  и  $Bi(OH)_3$ : подобные оксидам свойства.

Оксид мышьяка(V) ( $As_2O_5$ ) и сурьмы(V) ( $Sb_2O_5$ ), гидроксиды (мышьяковистая кислота  $H_3AsO_4$  и сурьмяная кислота  $Sb_2O_5 \cdot H_2O$ ): кислотные свойства.

7	N	14,0067	2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>
8			
9			
10			
11			
12			
13	P	30,973	3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23	As	74,921	4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup>
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31	Sb	121,75	5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup>
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51	Bi	208,980	6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup>
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			

Элементы VA-группы

## VIA группа

В состав главной подгруппы VI группы Периодической системы входят: неметаллические элементы: «халькогены» (кислород O, сера S, селен Se, теллур Te), а также радиоактивный металл полоний Po.

Внешний энергетический уровень в основном состоянии:  $ns^2np^2$ .

Валентность кислорода: II.

Степень окисления кислорода: -2. Исключения: пероксиды ( $H_2O_2$ ,

$\text{Na}_2\text{O}_2$ ) и фторид кислорода  $\text{OF}_2$ .

Степени окисления остальных элементов: -2, +2, +4 и +6.

Оксиды халькогенов в степени окисления +4: кислотные свойства.

Исключение:  $\text{TeO}_2$  (амфотерные свойства).

Их кислоты:  $\text{H}_2\text{SO}_3$  (сернистая),  $\text{H}_2\text{SeO}_3$  (селенистая) и  $\text{TeO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  (теллуристая).

Оксиды халькогенов степени окисления +6: только кислотные свойства.

Их кислоты:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (серная),  $\text{H}_2\text{SeO}_4$ , (селеновая),  $\text{H}_6\text{TeO}_6$  (теллуровая).

8	O	15,999 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>
6 2	Кислород	
16	S	32,06 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>
6 4 2	Сера	
34	Se	78,96 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup>
6 8 2	Селен	
52	Te	127,60 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup>
6 16 8 2	Теллур	
84	Po	[209] 6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup>
6 16 8 2	Полоний	

Элементы VIA-группы

### VIIA группа

В состав главной подгруппы VII группы Периодической системы входят неметаллические элементы: фтор F, хлор Cl, бром Br, йод I и астат At (нет стабильных изотопов).

Общее название - «галогены».

Внешний энергетический уровень в основном состоянии:  $ns^2np^3$ .

Валентность фтора: I.

Степень окисления фтора: -1.

Характерная степень окисления для всех остальных элементов: -1, +1, +3, +5 и +7.

Хлор в степенях окисления +1, +3, +5 и +7 образует кислородсодержащие кислоты.

Бром и йод в степени окисления +1 образуют бромноватистую кислоту  $\text{HBrO}$  (оксид  $\text{Br}_2\text{O}$ ) и йодноватистую кислоту  $\text{HIO}$  (оксид  $\text{I}_2\text{O}$ ).

В степени окисления +5 образуются бромноватая кислота  $\text{HBrO}_4$  (оксид  $\text{Br}_2\text{O}_5$ ) и йодноватая кислота  $\text{HIO}_3$  (оксид  $\text{I}_2\text{O}_5$ ). В степени окисления +7 образуется йодная кислота  $\text{H}_5\text{IO}_6$ .

7	<b>F</b>	18,998	9
2		$2s^2 2p^5$	
		Фтор	
7	<b>Cl</b>	35,453	17
8		$3s^2 3p^5$	
2		Хлор	
7	<b>Br</b>	79,904	35
18		$4s^2 4p^5$	
8		Бром	
2			
7	<b>I</b>	126,904	53
18		$5s^2 5p^5$	
18		Иод	
8			
2			

Элементы VIIA-группы

### Примеры задания №2

#### Задание 1

Из указанных в ряду химических элементов выберите три элемента-металла. Расположите выбранные элементы в порядке возрастания восстановительных свойств соответствующих им простых веществ. Запишите номера выбранных элементов в нужной последовательности.

Для выполнения используйте следующий ряд химических элементов:

1)S 2)N 3)Al 4)O 5)Cr

Ответом является последовательность цифр, под которыми указаны химические элементы в данном ряду.

#### Решение

Из предложенного перечня металлами являются натрий, алюминий и хром. Восстановительные свойства соответствующих химическим элементам простых веществ увеличиваются при движении справа налево в периоде и сверху вниз по главной подгруппе. Тогда последовательность химических элементов в порядке возрастания восстановительных свойств соответствующих им простых веществ будет следующая: хром - алюминий - натрий.

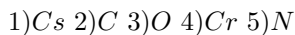
Ответ: 532

#### Задание 2

Из указанных в ряду химических элементов выберите три -элемента.

Расположите выбранные элементы в порядке уменьшения их атомного радиуса. Запишите номера выбранных элементов в нужной последовательности.

Для выполнения используйте следующий ряд химических элементов:



Ответом является последовательность цифр, под которыми указаны химические элементы в данном ряду.

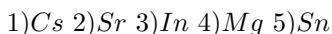
### Решение

Из перечня элементов -элементами являются углерод, кислород, азот. Известно, что атомный радиус уменьшается вверх по группе и вправо по периоду. Тогда последовательность химических элементов в порядке уменьшения их атомного радиуса следующая: углерод - азот - кислород.

Ответ: 253

### Задание 3

Из указанных в ряду химических элементов выберите три элемента, которые в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева находятся в одном периоде. Расположите выбранные элементы в порядке возрастания их металлических свойств. Запишите номера выбранных элементов в нужной последовательности. Для выполнения используйте следующий ряд химических элементов:



Ответом является последовательность цифр, под которыми указаны химические элементы в данном ряду.

### Решение

В одном периоде находятся  $Sn$ ,  $In$ ,  $Sr$ . Металлические свойства усиливаются по периоду справа налево.

Ответ: 532.

## 4 Электроотрицательность. Степень окисления и валентность химических элементов.

Для успешного решения задания №3 необходимо владеть понятиями «электроотрицательность», «степень окисления» и «валентность химических элементов».

Электроотрицательность – это способность атомов в молекуле смещать к себе электронную плотность от соседних атомов. Значение увеличивается по группе снизу вверх, по периоду - слева направо. Самый электроотрицательный элемент - фтор. Ряд электроотрицательности неметаллов представлен ниже:



Электроотрицательность - мера неметаллическости элементов. Чем больше значение ЭО, тем сильнее неметаллические свойства элемента (слабее металлические).

Валентность – величина, которая характеризует способность атомов элемента к образованию химических связей. Определяется числом ковалентных связей, образуемых атомом в соединении.

Валентные возможности атома определяются числом неспаренных электронов, неподелённых электронных пар и вакантных валентных орбиталей.

Степень окисления - условный заряд атома в соединении в том предположении, что все связи в соединении ионные. Имеет знак – бывает отрицательная, нулевая и положительная.

Умение рассчитывать степень окисления важно для решения сложных заданий ЕГЭ по химии, поэтому стоит рассмотреть основные правила расчета степеней окисления.

Правила расчета степени окисления:

1. Степень окисления элемента в составе простого вещества равна нулю. Если вещество в атомарном состоянии, степень окисления его атомов также равна нулю.
2. Элементы с постоянной степенью окисления: фтор (-1), щелоч-



ные металлы (+1), щелочноземельные металлы, бериллий, магний и цинк (+2), алюминий (+3).

3. Степень окисления кислорода: -2 (Исключение: пероксиды  $\text{H}_2\text{O}_2$  (-1) и фторид кислорода OF, (+2)).

4. Степень окисления водорода в гидридах: -1, в соединениях с неметаллами: +1 (кроме  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{B}_2\text{H}_6$ ).

5. Сумма степеней окисления всех атомов в молекуле равна нулю, а сложном ионе – заряду иона.

### Примеры задания №3

#### **Задание 1**

Из числа указанных в ряду элементов выберите два элемента, которые в образованных ими анионах с общей формулой  $\text{Э}_4^{2-}$  могут иметь одинаковую степень окисления. Запишите номера выбранных элементов.

Используйте следующий ряд химических элементов:

1)S 2)N 3)Al 4) 5)Cr

Ответом является последовательность цифр, под которыми указаны химические элементы в данном ряду.

#### **Решение**

Сера и хром образуют анионы  $\text{ЭO}_4^{2-}$  - сульфат- и хромат-анионы. Сера и хром в данном случае будут иметь степень окисления +6.

Ответ: 15.

#### **Задание 2**

Из указанного ряда выберите два элемента, которые в соединениях могут проявлять степень окисления +5. Запишите в поле ответа номера выбранных элементов в порядке возрастания.

Для выполнения используйте следующий ряд химических элементов:

1)V 2)Al 3)F 4)N 5)Si

Ответом является последовательность цифр, под которыми указаны химические элементы в данном ряду.

### Решение

В указанном ряду элементов степень окисления +5 могут иметь ванадий и азот.

Ответ: 14.

### Задание 3

Из числа указанных в ряду элементов выберите два элемента, которые имеют одинаковую разность между значениями их высшей и низшей степеней окисления. Запишите номера выбранных ответов. Для выполнения используйте следующий ряд химических элементов:

1)Cs 2)C 3)O 4)Cr 5)N

Ответом является последовательность цифр, под которыми указаны химические элементы в данном ряду.

### Решение

Рассмотрим высшие и низшие степени окисления для всех элементов: 1. Cs – низшая степень окисления «0», высшая – «+1», разница степеней окисления – «1»;

2. C - низшая степень окисления «-4», высшая – «+4», разница степеней окисления – «8»;

3. - низшая степень окисления «-2», высшая – «+2», разница степеней окисления – «4»;

4. Cr - низшая степень окисления «0», высшая – «+6», разница степеней окисления – «6»;

5. N - низшая степень окисления «-3», высшая – «+5», разница степеней окисления – «8»;

Ответ: 25.

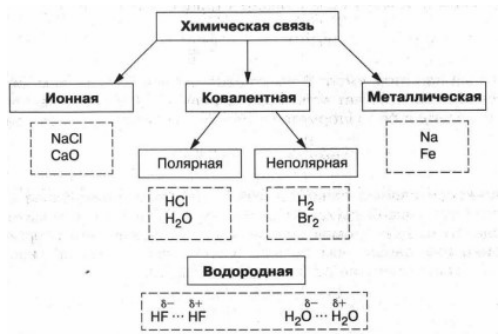
## 5 Ковалентная, ионная, металлическая и водородная связи. Типы кристаллических решеток.

Для успешного решения задания №4 необходимо владеть понятием «ковалентная химическая связь», знать её разновидности и механизмы образования, знать характеристики ковалентной связи (полярность и энергия связи). Также необходимо владеть понятиями «ионная связь», «металлическая связь», «водородная связь».

Необходимо знать, что такое вещества молекулярного и немолекулярного строения, знать типы кристаллической решётки, понимать зависимость свойств веществ от их состава и строения.

Химическая связь – взаимодействие, приводящее к образованию физически устойчивой двухатомной молекулы. При этом образование связи сопровождается выделением энергии, которую называют энергией связи. Химическая связь образуется за счет валентных электронов.

Химические связи разделяются на ионную, ковалентную, металлическую и водородную. Примеры представлены на рисунке.



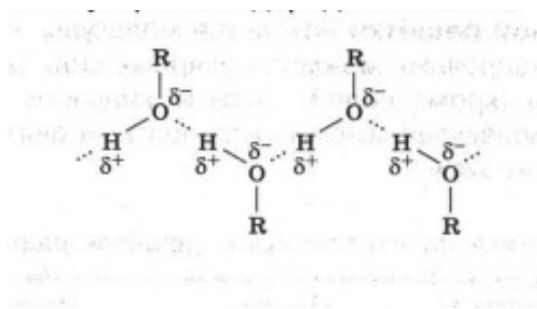
Классификация химических связей

Ионная связь – связь, которая осуществляется за счет электростатического притяжения разноименно заряженных ионов. Ион-заряженная частица, образующаяся в результате присоединения или отдачи электрона к атому или молекуле.

Ковалентная связь - осуществляется за счет образования общих электронных пар. При этом неполярная образуется между одинаковыми атомами –  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $Cl_2$ . Полярная же – между атомами, различающимися по электроотрицательности ( $H_2O$ ,  $NH_3$ ).

Металлическая связь - присуща твердым металлам и их сплавам. Она связывает два атома с небольшим числом валентных электронов, которые слабо удерживаются ядром, и большим числом свободных валентных орбиталей.

Водородная связь – особый тип межмолекулярного взаимодействия, который обусловлен электростатическим притяжением положительно заряженного атома водорода и отрицательно заряженного атома из наиболее электроотрицательных элементов – фтора  $F$  или кислорода  $O$ . Например то, что спирты жидкие обусловлено присутствием водородных связей. Наглядно это продемонстрировано на рисунке



Водородная связь

Молекулярное и немолекулярное строение

Твердые вещества чаще всего имеют кристаллическое строение, которое характеризуется правильным распределением частиц в определенных точках пространства. Точки, в которых размещены частицы называются узлами кристаллической решетки. В узлах могут располагаться молекулы, атомы и ионы.

Ионная решетка - образуется в веществах с ионным типом связи ( $NaOH$ ,  $KCl$ ).

Атомная решетка - образуется у алмаза, бора, оксида кремния.  
Металлическая кристаллическая решетка характерна для кристаллов металлов и сплавов. В узлах расположены атомы и катионы металла. Типы кристаллических решеток представлены на рисунке:



Типы кристаллических решеток

Пример задания 4:

### Задание

Из предложенного перечня выберите два вещества молекулярного строения с ковалентной полярной связью.

1.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
2.  $\text{HCOOH}$
3.  $\text{CH}_4$
4.  $\text{CaO}$
5.  $\text{Cl}_2$

### Решение

Из предложенных веществ молекулярное строение имеют муравьиная кислота, метан и хлор. Ковалентная полярная связь возникает между атомами двух разных неметаллов. Следовательно, хлор не подходит, остаются муравьиная кислота и метан.

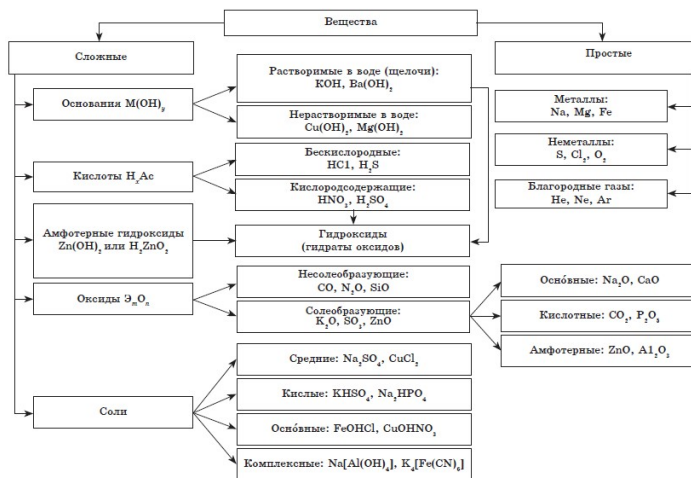
Ответ: 23.

## 6 Классификация неорганических веществ

Для успешного решения задания №5 необходимо знать классификацию неорганических веществ и номенклатуру неорганических веществ (тривиальную и международную).

Нас окружает бесчисленное множество разнообразных веществ, многие из которых можно применить в агротехнологии: удобрения, добавки, пестициды и многое другое. Для предугадывания свойств используемых веществ была разработана классификация, разделение их по группам в зависимости от проявляемых свойств. Для органических и неорганических веществ классификация разная, в данном разделе будет рассмотрена именно классификация неорганических веществ и их обозначение.

Общая классификация неорганических веществ представлена на рисунке:



Классификация неорганических веществ

### Оксиды

Оксиды - сложные вещества, состоящие из 2-х элементов, один из которых – кислород в степени окисления -2 (CO, NO, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CrO<sub>3</sub>, Mn<sub>2</sub>O<sub>7</sub>).

Классификация оксидов представлена на рисунке:



### Классификация оксидов

Основные оксиды – реагируют с избытком кислоты с образованием соли и воды. Основным оксидам соответствуют основания. ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  и т.д.)

Кислотные оксиды – реагируют с избытком щелочи с образованием соли и воды. Кислотным оксидам часто соответствуют кислоты. ( $\text{SO}_3$ ,  $\text{CO}_2$  и т.д.)

Амфотерные оксиды –  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ .

Основания – соединения, образующие при растворении в воде из отрицательных ионов только ионы гидроксида  $\text{OH}^-$ . Акцепторы протонов. Доноры электронной пары. ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{La}(\text{OH})_3$ )  
Классификация оснований представлена на рис.4

Амфотерные гидроксиды –  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Be}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  и т.д.

Кислоты – соединения, образующие при растворении в воде из положительных ионов только ионы водорода  $\text{H}^+$ . Доноры протонов. Акцепторы электронной пары. ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HBrO}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и т.д.)

Классификация кислот представлена на рис.5

Соли - сильные электролиты, существуют в водных растворах в виде положительно заряженных ионов металлов и отрицательно заряженных ионов кислотных остатков (иногда имеются ионы  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$ ). ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ti}(\text{NO}_3)_2\text{O}$  и т.д.)

Соли - продукт полного или частичного замещения атомов водоро-

да в молекуле кислоты на металл ( $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaHSO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$ ) или замещения гидроксильных групп в основании на кислотный остаток ( $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MgOHCl} \rightarrow \text{MgCl}_2$ )  
 Классификация солей представлена на рис.6



Рис. 4: Классификация оснований



Рис. 5: Классификация кислот



**Соли**  
 Это сложные вещества, которые являются продуктами полного или частичного замещения атомов водорода в кислотах атомами металлических элементов (или группами атомов) либо продуктами полного или частичного замещения гидроксид-ионов в основаниях кислотными остатками.



Рис. 6: Классификация солей

### Пример задания 5

#### Задание 1

Среди предложенных формул веществ, расположенных в пронумерованных ячейках, выберите формулы: А)кислоты; Б)средней соли; В)кислотного оксида.

1. Угарный газ	2. $\text{H}_3\text{P}$	3. Гипохлорит калия
4. $\text{PCl}_3$	5. Аммиак	6. $\text{BeO}$
7. $\text{NaHS}$	8. $\text{Mn}_2\text{O}_7$	9. $\text{H}_2\text{Se}$

Запишите в таблицу номера ячеек, в которых расположены вещества, под соответствующими буквами.

А	Б	В

#### Решение

А. Кислота- сложное вещество, при диссоциации которого в водном растворе отщепляется только один вид катионов- катион водорода  $\text{H}^+$ . Из предложенных соединений к классу кислот относится  $\text{H}_2\text{Se}$ .  
 Б. Средняя соль содержит только катион металла и кислотный оста-

ток. Из предложенных соединений к группе средних солей относится гипохлорит калия  $\text{KClO}$ .

В. Кислотный оксид- солеобразующий оксид неметалла (или металла в высокой степени окисления), которому соответствует кислородсодержащая кислота. Из предложенных соединений к группе кислотных оксидов относится  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ .

Ответ: 938.

## Задание 2

Среди предложенных формул веществ, расположенных в пронумерованных ячейках, выберите формулы: А) кислотного оксида; Б) щёлочи; В) двойной соли.

1. $\text{Fe}(\text{OH})_3$	2. $\text{SO}_3$	3. $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
4. $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	5. $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	6. $\text{Ba}(\text{OH})_2$
7. $\text{Fe}_3\text{O}_4$	8. $\text{BeO}$	9. $\text{KClO}_3$

Запишите в таблицу номера ячеек, в которых расположены вещества, под соответствующими буквами.

А	Б	В

## Решение

А. Кислотный оксид- солеобразующий оксид неметалла (или металла в высокой степени окисления), которому соответствует кислородсодержащая кислота. Из предложенных соединений к группе кислотных оксидов относится  $\text{SO}_3$ .

Б. Щёлочь- хорошо растворимое в воде основание. При диссоциации щёлочи образуют анионы  $\text{OH}^-$  и катион металла. Из предложенных соединений к щелочам относится  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ .

В. Двойная соль- соль, содержащие два различных катиона и кислотный остаток. Из предложенных соединений к группе двойных солей относится  $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .

Ответ: 264

## 7 Характерные химические свойства неорганических соединений

Для успешного решения задания № 6, 7, 8 необходимо знать приведенные далее темы: характерные химические свойства простых веществ – металлов: щелочных, щёлочноземельных, магния, алюминия; переходных металлов: меди, цинка, хрома, железа, характерные химические свойства простых веществ – неметаллов: водорода, галогенов, кислорода, серы, азота, фосфора, углерода, кремния. Давайте далее рассмотрим основные химические свойства различных простых веществ.

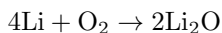
### Металлы

Щелочные металлы: Li, Na, K, Rb, Cs

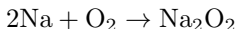
Восстановители: в соединениях приобретают степень окисления +1.

Химические свойства:

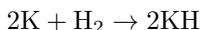
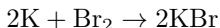
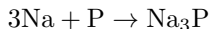
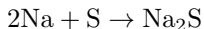
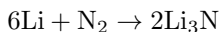
1) Для них характерны реакции с неметаллами, с кислородом литий образует следующий оксид:



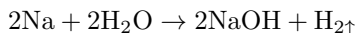
Na и другие металлы - пероксиды:



Так же возможны и другие реакции с неметаллами, например:

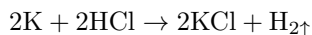


2) Щелочные металлы реагируют с водой, образуя щелочи:

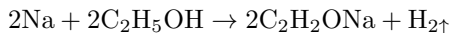


Не стоит забывать, что в реальных условиях добавление щелочного металла в воду надо производить предельно аккуратно и постепенно.

3) Реакция с кислотами приводит к образованию солей:



4) Возможны реакции со спиртами:

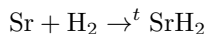
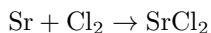
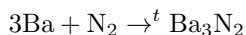
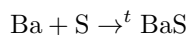
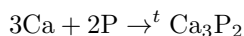
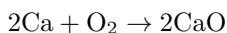


Щёлочноземельные металлы: Ca, Sr, Ba.

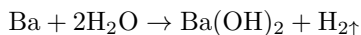
Восстановители: в соединениях приобретают степень окисления +2.

Химические свойства:

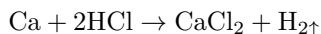
1) С неметаллами получают следующие вещества:



2) С водой можно получить основания:



3) С кислотами можно получить соли:

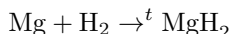
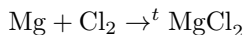
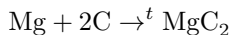
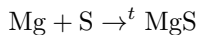
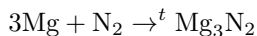
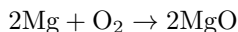


Магний (Mg)

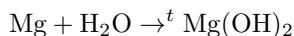
Восстановитель: в соединениях приобретает степень окисления +2.

Химические свойства:

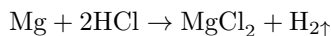
1) С неметаллами: образует следующие соединения:



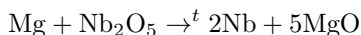
2) Реагирует с водой при нагревании:



3) С кислотами образует соли:



4) С оксидами менее активных металлов:

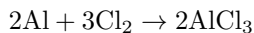
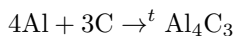
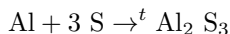
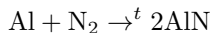
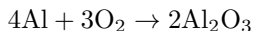


### Алюминий (Al)

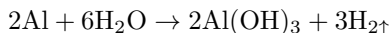
Активный металл, устойчивый на воздухе, прочная оксидная плёнка, образующаяся на поверхности, предотвращает его окисление. Восстановитель: приобретает степень окисления +3. Встречается как в повседневной жизни в виде, например, банок для напитков, так и в сложных устройствах, например, из алюминия делают тигли для дифференциальной сканирующей калориметрии.

### Химические свойства:

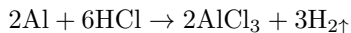
1) С неметаллами образует следующие соединения:



2) Возможна реакция с водой при условии удаления оксидной плёнки:

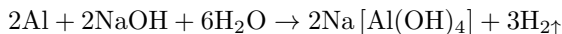


3) С кислотами получают соли:

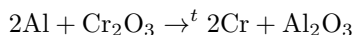


Пассивируется  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.), а также  $\text{HNO}_3$  при комнатной температуре.

4) Реагирует с концентрированными растворами щелочей при нагревании:



5) Реагирует с оксидами менее активных металлов. Это свойство алюминия применяется для получения металлов, метод носит название «алюмотермия»:



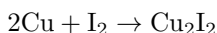
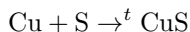
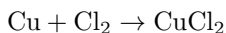
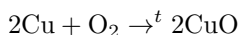
## Переходные металлы

### Медь (Cu)

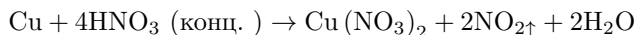
Восстановитель. Наиболее характерна степень окисления +2, также проявляет степень окисления +1.

### Химические свойства:

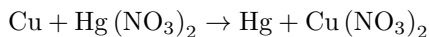
1) При реакции с неметаллами получают следующие вещества:



2) С кислотами-окислителями ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.),  $\text{HNO}_3$  (разб.),  $\text{HNO}_3$  (конц.)) можно получить соль при выделении газа:



3) Реагирует с солями металлических элементов, расположенных в ряду активности металлов правее меди, происходит вытеснения металла из соли:

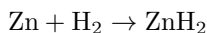
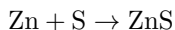
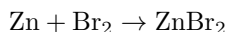
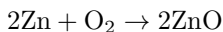


### Цинк (Zn)

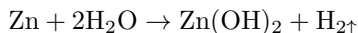
Активный металл, восстановитель: приобретает степень окисления +2.

#### Химические свойства:

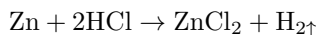
1) С неметаллами образует следующие соединения:



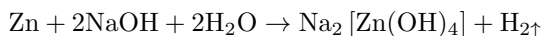
2) С водой при нагревании можно получить основание, при этом выделяется водород:



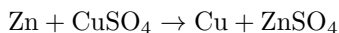
3) С кислотами образуются соли:



4) Со щелочами – комплексные соли:



5) Реагирует с солями металлических элементов, расположенных в ряду активности металлов правее цинка, происходит вытеснение металла:

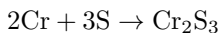
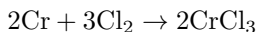
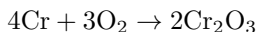


### Хром (Cr)

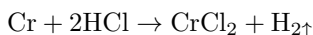
При обычных условиях инертный вследствие наличия прочной оксидной плёнки, взаимодействует при нагревании.

Химические свойства:

1) С неметаллами образует следующие соединения:



2) С кислотами  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.) и  $\text{HNO}_3$  (конц.) пассивируется:

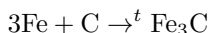
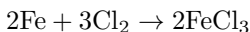
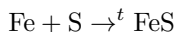
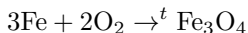


Железо (Fe)

Активный металл, проявляет восстановительные свойства по отношению к неметаллам, кислотам, катионам металлических элементов, расположенных в ряду активности металлов правее железа.

Химические свойства:

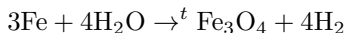
1) С неметаллами образует следующие соединения:



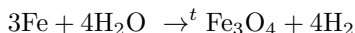
2) Реагирует с влажным воздухом:



3) С водой при действии перегретого пара на раскалённое свыше  $600^\circ$  железо получается двойной оксид железа  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ :



С кислотами  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.) и  $\text{HNO}_3$  (конц.) пассивируется при комнатной температуре:





## Неметаллы

### Водород (H<sub>2</sub>)

Слабоактивен, большинство реакций только при нагревании.

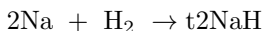
#### Химические свойства:

1) С неметаллами образует разные соединения в зависимости от расположения элемента в таблице Менделеева, наиболее яркие следующие реакции:

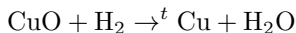


Образование резкопахнущего аммиака:  $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \xrightarrow{t} 2\text{NH}_3$

2) Проявляет окислительные свойства с металлами:

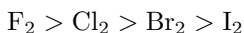


3) Проявляет восстановительные свойства с оксидами металлов:



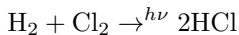
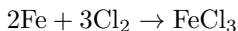
### Галогены: F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>

Химическая активность уменьшается в следующем ряду:

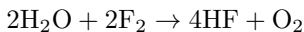


#### Химические свойства:

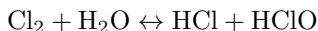
1) Проявляют окислительные свойства с металлами и с водородом. Кроме фтора, реагируют с металлами при нагревании:



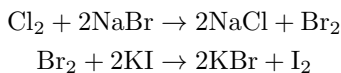
2) Возможна реакция с водой, для фтора она следующая:



Для всех остальных галогенов:



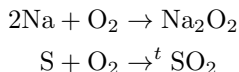
3) Для хлора и брома возможны реакции с растворами бромидов и йодидов:



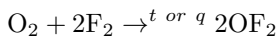
### Кислород (O<sub>2</sub>)

Химические свойства:

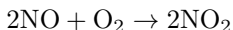
1) Окислительные свойства: реагирует практически со всеми простыми веществами, за исключением галогенов (кроме F<sub>2</sub>), благородных газов, платиновых металлов и золота:



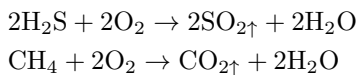
2) Проявляет восстановительные свойства с фтором:



3) С оксидами элементов с меньшим значением степени окисления возможна следующая реакция, заключающаяся в повышении степени окисления:



4) Реагирует с многими сложными веществами (неорганическими и органическими):



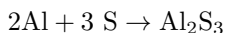
Реакция с органическими веществами – это, зачастую, известное каждому горение.

Озон (O<sub>3</sub>) Вторая аллотропная модификация кислорода. Сильный окислитель.

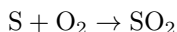
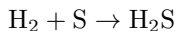
Сера (S) Сера образует несколько аллотропных модификаций: моноклинную, ромбическую и пластическую. Проявляет окислительно-восстановительную двойственность.

Химические свойства:

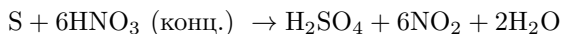
1) С металлами реагирует как окислитель:



2) С неметаллами реагирует как окислитель или восстановитель:



3) В химических реакциях с окислителями - восстановитель:

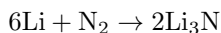


Азот (N<sub>2</sub>)

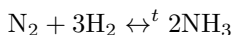
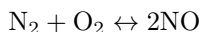
Малореакционноспособен. При обычных условиях взаимодействует только с Li, в большинстве реакций вступает при высоких температурах. Не поддерживает горения, является продуктом горения аммиака и многих азотсодержащих органических веществ. В химических реакциях проявляет окислительно-восстановительную двойственность.

Химические свойства:

1) С металлами реагирует как окислитель:



2) С неметаллами реагирует как окислитель и восстановитель:

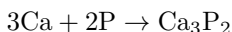


Фосфор (P)

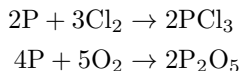
Наиболее известные аллотропные модификации: белый, красный и чёрный фосфор. Наиболее активен белый фосфор. Проявляет окислительно-восстановительную двойственность.

Химические свойства:

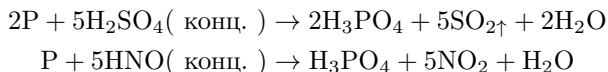
1) С металлами реагирует как окислитель:



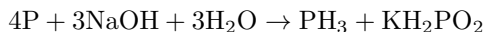
2) С неметаллами реагирует как восстановитель:



3) С кислотами реагирует как восстановитель:



4) Со щелочами происходит реакция диспропорционирования – получение в качестве продуктов соединений, содержащих фосфор с разными степенями окисления:

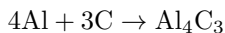


### Углерод (С)

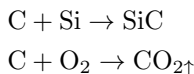
Наиболее известные аллотропные модификации: алмаз, графит, карбин и фуллерен. Наиболее химически активен аморфный углерод - графит, состоящий из более мелких и беспорядочно расположенных кристаллов. Проявляет окислительно-восстановительную двойственность.

### Химические свойства:

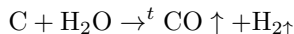
1) С металлами реагирует как окислитель:



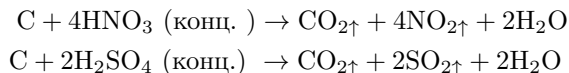
2) С неметаллами реагирует как окислитель и восстановитель:



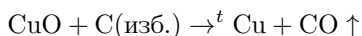
3) С водой реагирует как восстановитель:



4) С кислотами реагирует как восстановитель:



5) С оксидами металлов возможно восстановление металла:

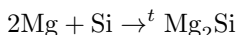


### Кремний (Si)

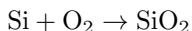
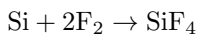
Имеет две аллотропные модификации: алмазоподобную (кристаллический кремний) и графитоподобную (при обычных условиях эта модификация неустойчива). Аморфный кремний — это алмазоподобный кремний, состоящий из мелких кристаллов. Проявляет окислительно-восстановительную двойственность.

### Химические свойства:

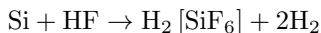
1) С металлами реагирует как окислитель:



2) С неметаллами реагирует как восстановитель:



3) С кислотами: не реагирует с водными растворами кислот, но растворяется в HF:



4) Со щелочами реагирует как восстановитель:



## Примеры заданий 6, 7, 8

### **Задание 1**

Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых это вещество может взаимодействовать: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

РЕАГЕНТЫ	ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА
1) KOH, S, KI	A) Cl <sub>2</sub>
2) HCl, CuO, O <sub>2</sub>	B) SO <sub>2</sub>
3) Cu, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	B) PbO
4) Ca(OH) <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, O <sub>2</sub>	Г) NH <sub>3</sub>
5) HNO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> , CO	

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


### **Решение**

Установим соответствие:

A) Хлор реагирует с металлами, неметаллами, щелочами, вытесняет менее активные неметаллы из летучих водородных соединений и их солей. (1)

B) Сернистый газ- кислотный оксид, реагирует с водой, щелочами, солями, если выделяется более летучее соединение, с кислородом, сероводородом. (4)

B) Оксид свинца- амфотерный оксид. Он не реагирует с водой, но реагирует с кислотами, щелочами, кислотными и основными оксидами и солями. Так же данный оксид восстанавливается водородом и угарным газом. На первый взгляд может показаться, что подходит ответ 4, но оксиды не реагируют с нерастворимыми и малорастворимыми основаниями. (5)

Г) Аммиак- будучи основанием реагирует с водой, кислотами и солями, будучи восстановителем, реагирует с кислородом, монооксидом меди, с галогенами. Будучи окислителем реагирует с щелочными металлами. (2)

Ответ: 1452.

## Задание 2

Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых оно может взаимодействовать: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

РЕАГЕНТЫ

- 1)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- 2)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$
- 3)  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{HNO}_3$
- 4)  $\text{HCl}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- 5)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NaOH}$

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА

- А)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$
- Б)  $\text{HNO}_2$
- В)  $\text{CuO}$
- Г)  $\text{Fe}$

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


## Решение

Установим соответствие.

А)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  реагирует с: углекислым газом, кислотами (серной, азотной, соляной), хлоридом меди(II), диоксидом серы, сульфатом натрия, карбонатом натрия, хлором. С каждым из веществ реакция пойдёт в варианте ответа №4.

Б)  $\text{HNO}_2$  реагирует с: щелочами, аммиаком, кислородом, азотной кислотой, карбонатом натрия, хлором. С каждым из веществ реакция пойдёт в варианте ответа №5.

В)  $\text{CuO}$  реагирует с: кислотами (серной, соляной, азотной), аммиаком, водородом, диоксидом серы. С каждым из веществ реакция пойдёт в варианте ответа №2.

Г)  $\text{Fe}$  реагирует с: кислотами (серной, соляной, азотной), хлоридом меди(II), кислородом, хлором. С каждым из веществ реакция пойдёт в варианте ответа №3.

Ответ: 4523.

## Задание 3

Установите соответствие между исходными веществами, вступающими в реакцию, и продуктами этой реакции: к каждой позиции,

обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

**ПРОДУКТЫ**

- 1)  $\text{MgSO}_4$  и  $\text{H}_2\text{O}$
- 2)  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{H}_2\text{O}$
- 4)  $\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$
- 5)  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{H}_2\text{O}$
- 6)  $\text{SO}_3$  и  $\text{H}_2\text{O}$

**ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА**

- А)  $\text{Mg}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.)
- Б)  $\text{MgO}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- В)  $\text{S}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.)
- Г)  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{O}_2$  (изб.)

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


**Решение**

Магний является активным металлом, поэтому при реакции с концентрированной серной кислотой выделяется сероводород, а также образуется сульфат магния и вода- (5);

Взаимодействие оксида магния и серной кислоты является реакцией обмена, поэтому продуктами являются сульфат магния и вода- (1);

Взаимодействие серы и концентрированной серной кислоты является реакцией конпропорционирования, и в результате образуется оксид серы(IV) и вода;

При окислении сероводорода избытком кислорода образуются оксид серы(IV) и вода- (4).

Ответ: 5144.



## 8 Взаимосвязь неорганических веществ

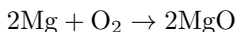
Для успешного решения задания №9, а также 6, 7, 8 необходимо понимать взаимосвязь неорганических веществ, знать следующие темы: характерные химические свойства оксидов: основных, амфотерных, кислотных, характерные химические свойства оснований и амфотерных гидроксидов, характерные химические свойства кислот, характерные химические свойства солей: средних, кислых, основных; комплексных (на примере гидроксосоединений алюминия и цинка), электролитическая диссоциация электролитов в водных растворах, сильные и слабые электролиты, реакции ионного обмена.

Давайте рассмотрим по порядку химические свойства и методы получения для каждого из видов сложных веществ.

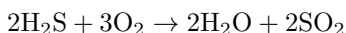
### Оксиды

#### Получение оксидов:

1) Окисление кислородом простых веществ:



2) Окисление кислородом сложных веществ:

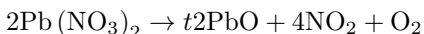
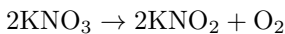


3) Разложение:

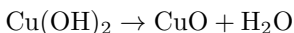
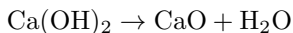
А) Нагревание солей:



Кроме солей щелочных металлов:



Б) Нагревание оснований:



Гидроксиды щелочных металлов не разлагаются, кроме LiOH:

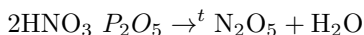
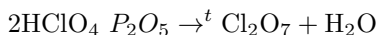


В) Нагревание кислородосодержащих кислот

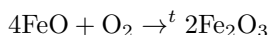
- Термически неустойчивых - простое нагревание:



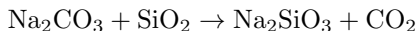
- Термически устойчивых - нагревание в присутствии  $\text{P}_2\text{O}_5$ :



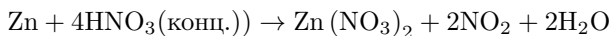
4) Разложение высших оксидов и окисление низших:



5) Вытеснение летучего оксида менее летучим при высокой температуре:



6) Взаимодействие кислот-окислителей ( $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})}$ ,  $\text{HNO}_3$ ) с металлами и некоторыми неметаллами:

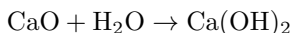


Как мы уже знаем, оксиды делятся на основные, амфотерные и кислотные. В зависимости от этого будут различаться и свойства веществ.

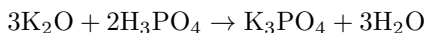
### Основные оксиды

#### Химические свойства:

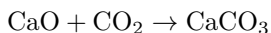
1) Реакция с водой:



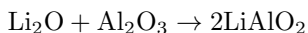
2) С кислотами:



3) С кислотными оксидами:

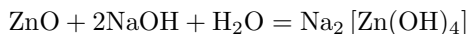
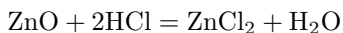


4) С амфотерными оксидами:

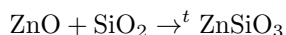
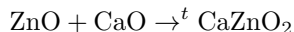


### Амфотерные оксиды

1) Взаимодействуют как с кислотами, так и с основаниями:

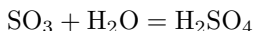


2) Реагируют с основными и кислотными оксидами:

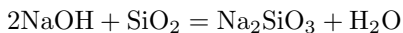


### Кислотные оксиды

1) Большинство реагируют с водой:



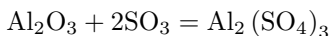
2) С щелочами:



3) С основными оксидами:



4) С амфотерными оксидами:

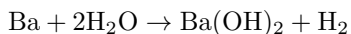
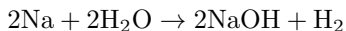


### Основания

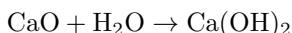
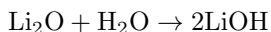
#### Получение:

1) Получение щелочей:

А) Металл + вода:



Б) Оксид + вода:

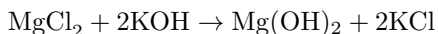
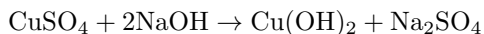


В) Электролиз водных растворов солей щелочных металлов:

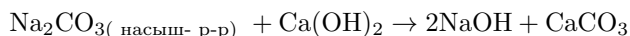


2) Получение нерастворимых в воде оснований:

Соль + щелочь:



Исключение:

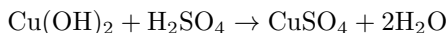


Физические свойства оснований: кристаллические вещества, твердые. В воде растворимы щелочи: LiOH, NaOH, KOH, CsOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, Sr(OH)<sub>2</sub>, Ba(OH)<sub>2</sub>, остальные – малорастворимы. Водные растворы щелочей мылкие на ощупь, разъедают кожу. Едкие щелочи разъедают ткань.

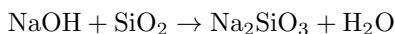
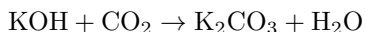
Химические свойства: Растворы имеют pH > 7, изменяют окраску индикаторов.

В щелочной среде окраска лакмуса – синяя, фенолфталеина – малиновая.

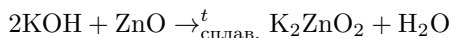
1) Реагируют с кислотами (реакция нейтрализации):



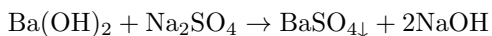
2) С кислотными оксидами:



3) Щелочи реагируют с амфотерными оксидами:



4) С солями (если образуется малорастворимая соль или малорастворимое основание):

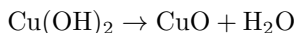


5) При нагревании:

А) Гидроксиды щелочных металлов не разлагаются (кроме  $\text{LiOH}$ ).

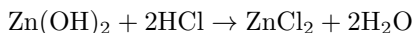
Б) Гидроксиды щелочноземельных металлов разлагаются при прокаливании.

6) Нерастворимые в воде гидроксиды при нагревании разлагаются:

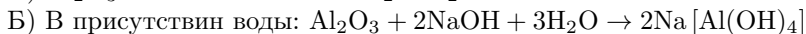
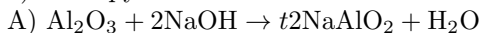


Амфотерные гидроксиды

1) Реагируют с кислотами:



2) Реагируют с щелочами:



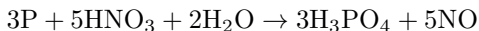
Кислоты

Получение:

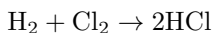
1) Кислородсодержащих кислот – взаимодействие соответствующих оксидов (ангидридов) с водой:



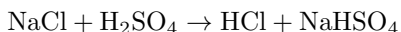
2) Некоторых кислородсодержащих кислот - действие на неметаллы сильных окислителей:



3) Бескислородных - взаимодействии простых веществ:



4) Реакции обмена между солью и менее летучей кислотой:



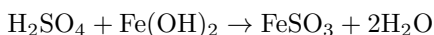
Физические свойства:

$\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HClO}_4$  – жидкости,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  – твердые,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  – только в виде растворов.

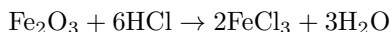
Химические свойства:

Растворы имеют  $\text{pH} < 7$ , окрашивают метнорандж и лакмус в красный цвет

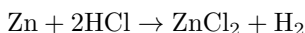
1) Реагируют с основаниями (реакция нейтрализации):



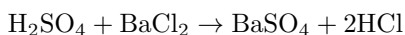
2) Реагируют с основными и амфотерными оксидами:



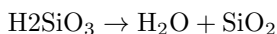
3) Кислоты с анионами-неокислителями реагируют с металлами, стоящими в ряду стандартных потенциалов до водорода:



4) Реагируют с солями (если образуется малорастворимое, летучее или малодиссоциирующее вещество):



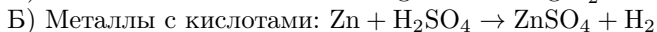
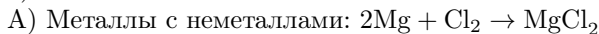
5) При нагревании кислородосодержащие кислоты разлагаются:



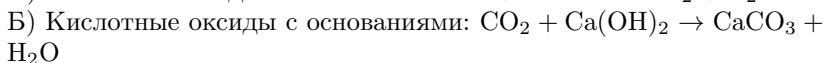
Соли

Получение:

1) С использованием металлов:



2) С использованием оксидов:



В) Кислотные оксиды с основными:  $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$

Г) Амфотерные оксиды:  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} \rightarrow \text{Ca}(\text{AlO}_2)_2$

3) Нейтрализация:

Например:  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

4) Из солей:

А) Соли с солями:  $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$

Б) Соли с основаниями:  $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$

В) Соли с кислотами:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

Физические свойства: твердые, кристаллические. Чаще всего имеют высокие температуры плавления и кипения. По растворимости в воде делятся на хорошо ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ), мало ( $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ) и практически нерастворимые ( $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{PbSO}_4$ ,  $\text{PbS}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ).

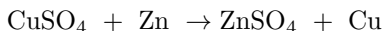
Сильные электролиты.

Соли делятся на средние, кислые, основные, а также комплексные в зависимости от структурной формулы и из-за могут проявлять, соответственно, слабые кислотные или основные свойства.

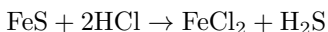
Химические свойства:

1) Средние:

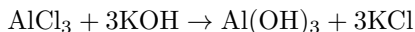
А) С металлами, расположенными в ряду активности левее металла, входящего в состав соли (вытеснение):



Б) С кислотами, если один из продуктов реакции является нерастворимым или газообразным веществом:



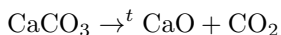
В) С щелочами:



Г) С солями:

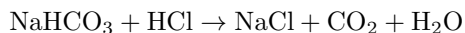


Д) Разложение:

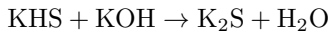


2) Кислые:

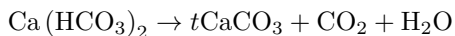
А) С сильными кислотами:



Б) С щелочами:

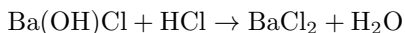


В) Разложение:



3) Основные:

А) С кислотами:

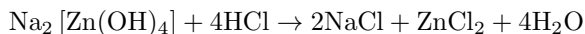


Б) Разложение:

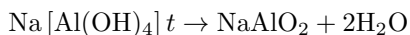


4) Комплексные:

А) С сильными кислотами в избытке:



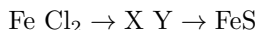
Б) Разложение:



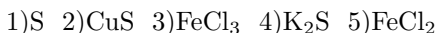
### Примеры заданий 9

#### **Задание 1**

Задана следующая схема превращений веществ:



Какие из указанных веществ являются веществами X и Y.



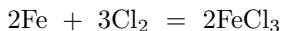
Запишите в таблицу номера выбранных веществ под соответствующими буквами.



X	Y

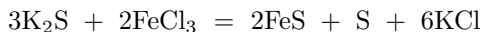
**Решение**

Хлор окисляет железо до трехвалентного железа:



Веществом является  $\text{FeCl}_3$  (3)

Далее происходит окислительно-восстановительная реакция, железо (III) в составе хлорида железа (III) будет окислять серу в сульфид-анион до серы (0), при этом само железо будет восстанавливаться до сульфида железа (II):



Веществом Y является  $\text{K}_2\text{S}$  (4) Ответ: 34.

**Задание 2**

Задана следующая схема превращений веществ:



Какие из указанных веществ являются веществами X и Y.

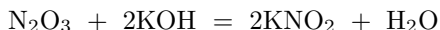
- 1)  $\text{N}_2\text{O}$ , 2)  $\text{N}_2\text{O}_3$ , 3)  $\text{HNO}_3$ , 4)  $\text{NH}_3$ , 5)  $\text{NH}_4\text{Cl}$

Запишите в таблицу номера выбранных веществ под соответствующими буквами.

X	Y

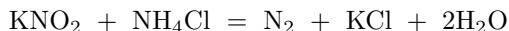
**Решение**

Нитрит калия образуется при взаимодействии соответствующего кислоты кислотного оксида, т. е.  $\text{N}_2\text{O}_3$ , с щелочью:



Веществом X является  $\text{N}_2\text{O}_3$ . (2)

Для получения азота из нитрита калия, необходимо добавить хлорид аммония и нагреть раствор:



Веществом Y является  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . (5)

Ответ: 25

### Задание 3

Задана следующая схема превращений веществ:



Какие из указанных веществ являются веществами X и Y.

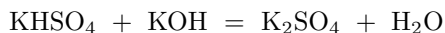
1)C 2)CO<sub>2</sub> 3)SO<sub>2</sub> 4)H<sub>2</sub>S 5)KHSO<sub>4</sub>

Запишите в таблицу номера выбранных веществ под соответствующими буквами.

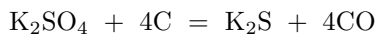
X	Y

### Решение

Сульфат калия образуется при взаимодействии щелочи с гидросульфатом калия:



При прокаливании сульфата калия с углеродом происходит следующая окислительно-восстановительная реакция с образованием сульфида калия:



Ответ: 51

## 9 Классификация органических веществ

Для успешного решения задания №10 необходимо знать классификацию органических веществ, номенклатуру органических веществ (тривиальную и международную).

После рассмотрения неорганических веществ стоит перейти к классификации органических. Она сильно отличается, так как свойства органических соединений зависят от присутствующих функциональных групп, формы молекулы, длины углеродной цепи, поэтому к ним неприменима классификация, подходящая для неорганических веществ.

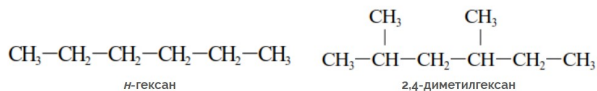
Сами органические соединения окружают нас повсеместно: из них состоят растения и животные, это помогающие нам существовать жиры и углеводы и прочие участники процессов жизнедеятельности, это красители и составляющие духов и т.п. в Агротехнология подразумевает под собой постоянную работу с разнообразными органическими соединениями, поэтому особенно важно детально изучить материал по этой теме.

Органические соединения можно разделить на ациклические и циклические. Это зависит от природы углеродного скелета:



Классификация органических соединений.

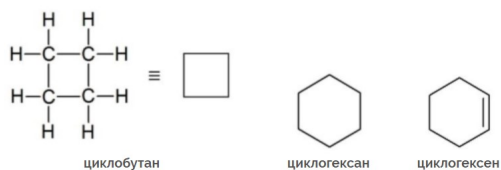
Ациклические (по-другому: нециклические, цепные) соединения называют также алифатическими. Могут быть насыщенными и ненасыщенными. Ациклические скелеты бывают неразветвленными (например, в н-гексане) и разветвленными (например, в 2,4-диметилгексане):



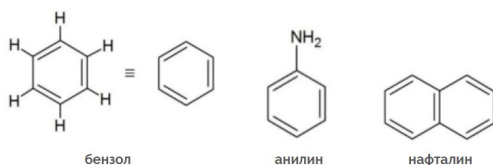
Из циклических соединений обычно выделяют карбоциклические (молекулы содержат кольца из углеродных атомов) и гетероциклические (кольца которых содержат еще атомы других элементов).

Карбоциклические соединения подразделяются на алициклические (предельные и непредельные) и ароматические.

Примеры:



### Алициклические соединения



### Ароматические соединения

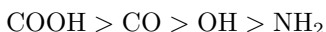
Названия соединений составляются в соответствии с правилами номенклатуры ИЮПАК. Система опирается на понятия «углеродный скелет молекулы» и «функциональная группа».

Органические соединения рассматриваются как производные углеводородов, в молекулах которых часть водородных атомов заменена на функциональные группы или углеводородные радикалы.

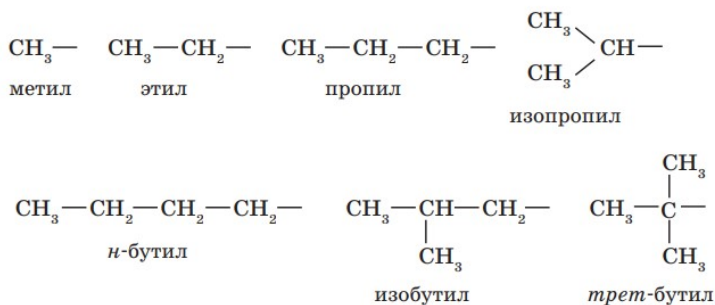
Название вещества составляется по определенным правилам.

### Правила составления названия:

1. Выбирают главную углеродную цепь молекулы. Название углеводорода, соответствующего главной цепи - корень составляемого названия.
2. Атомы углерода в главной цепи нумеруются так, чтобы атом, к которому присоединён углеводородный радикал или функциональная группа, получил возможно меньший номер.
3. Перед корнем цифрой указываются положение заместителя, название заместителя. Если есть несколько одинаковых заместителей, то используют приставки ди-, три- и т.д. Если в молекуле есть разные заместители, названия перечисляют в алфавитном порядке.
4. Органическое вещество относят к классу в зависимости от старшей функциональной группы. Старшинство функциональных групп:



5. К корню прибавляется окончание, после него цифрой указывается положение старшей группы в молекуле. Все остальные функциональные группы - заместители, их названия выносят в приставку. Заместители, входящие в состав молекулы, называют радикалами, их обозначают в формуле буквой R. Названия предельных радикалов производятся от названий соответствующих алканов с заменой окончания -ан на -ил.



### Предельные радикалы

6. Для двух простейших непредельных радикалов используют тривиальные названия (рис.7):

Ароматические радикалы имеют тривиальные наименования (рис.8):

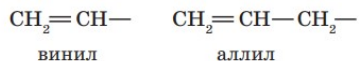


Рис. 7: Простейшие непредельные радикалы



Рис. 8: Ароматические радикалы

### Примеры задания №10

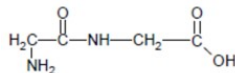
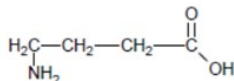
#### **Задание 1**

Установите соответствие между формулой вещества и классом/группой органических соединений, к которому(-ой) это вещество принадлежит: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### **КЛАСС/ГРУППА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

- А) дипептиды
- Б) амины
- В) аминокислоты
- Г) карбоновые кислоты

#### **ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА [1-3]**



Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

1	2	3

### Решение

Установим соответствие:

А. На рисунке представлена структурная формула пирролидина, которая относится к группе аминов (циклических), так как имеет в своем составе аминогруппу ( $-\text{NH}-$ ) (2);

Б. На рисунке представлена структурная формула 4-аминобутановой кислоты, который относится к группе аминокислот, так как имеет в своем составе аминогруппу ( $-\text{NH}_2$ ) и карбоксильную группу ( $-\text{COOH}$ ) (3);

В. В структурной формуле вещества В присутствует пептидная связь  $-\text{NH}-$ , аминогруппа одной аминокислоты  $-\text{NH}_2$  и карбоксильная группа другой аминокислоты  $-\text{COOH}$ , значит, вещество относится к классу дипептидов. (1)

Ответ: 231.

### Задание 2

Установите соответствие между названием вещества и общей формулой класса/группы, к которому(-ой) это вещество принадлежит: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА

- А) нитроэтан
- Б) анилин
- В) аланин

#### ОБЩАЯ ФОРМУЛА

- 1)  $\text{C}_n\text{H}_{2n-5}\text{N}$
- 2)  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{N}$
- 3)  $\text{C}_n\text{H}_{2n-7}\text{NO}_2$
- 4)  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NO}_2$

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

А	Б	В

**Решение**

Установим соответствие:

А. Нитроэтан –  $C_2H_5NO_2$  -  $C_nH_{2n+1}NO_2$  (4)

Б. Анилин –  $C_6H_5NH_2$  -  $C_nH_{2n-5}N$  (1)

В. Аланин –  $C_3H_7NO_2$  -  $C_nH_{2n+1}NO_2$  (4)

Ответ: 414



## 10 Теория строения органических соединений

Для успешного решения задания №11 необходимо знать теорию строения органических соединений: гомологию и изомерию (структурную и пространственную), понимать взаимное влияние атомов в молекулах, знать типы связей в молекулах органических веществ, понятия «гибридизация атомных орбиталей углерода», «радикал», «функциональная группа».

Углеродный скелет молекулы - последовательность атомов углерода, соединённых химическими связями. Атомы углерода могут быть связаны с различным числом других атомов углерода (рис.9). В зависимости от числа соседних атомов углерода атом называют:

1. Первичным - 1 соседний атом С
2. Вторичным - 2 атома С
3. Третичным - 3 атома С
4. Четвертичным - 4 атома С.

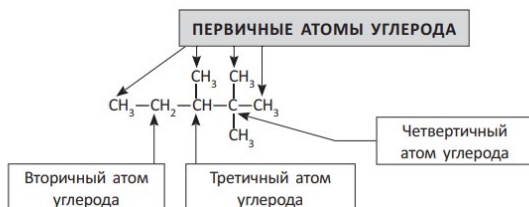


Рис. 9: Связи в органической молекуле.

Некоторые органические вещества имеют одинаковое соотношение атомов разных элементов, но при этом они разные. Такие вещества называются изомерами.

Изомеры — вещества с одинаковым составом молекулы, но имеющие разное строение и, соответственно, разные свойства.

Делятся на два класса — структурные и пространственные. Классификация представлена на (рис.10)

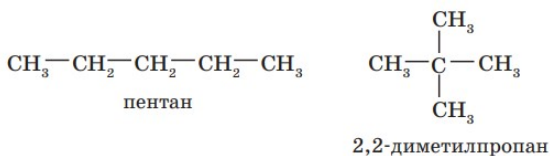
Структурные изомеры имеют разный порядок соединения атомов



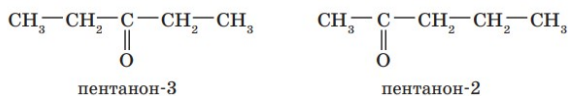
Рис. 10: Виды изомерии на примере алкенов.

в молекуле. Они могут отличаться:

1) строением углеродных скелетов:

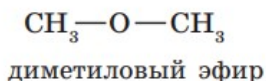
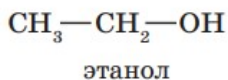


2) положением заместителя или кратной связи в молекуле:



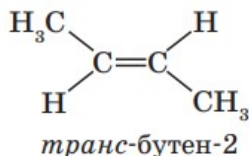
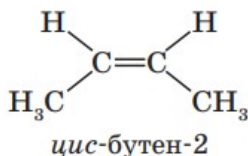
3) функциональной группой:

Структурные различаются между собой по физическим свойствам. Межклассовые изомеры различаются по химическим свойствам.



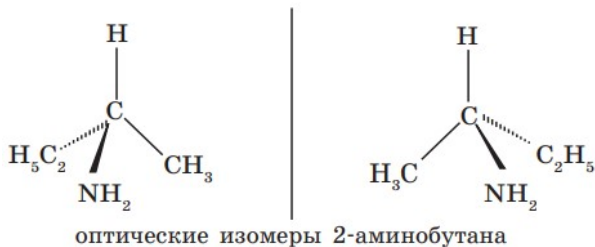
Пространственные изомеры или стереоизомеры имеют различное взаимное расположение атомов в пространстве при одинаковом порядке их соединения:

1. Цис-транс-изомеры бывают у соединений, в которых молекулы содержат двойную связь или зафиксированный цикл (циклоалканы). В таких изомерах заместители у различных атомов углерода в цис-изомерах находятся по одну сторону от некоторой плоскости, а в транс-изомерах — по разную:



Различаются по физическим, а в некоторых случаях и по химическим свойствам.

2. Оптическая изомерия также называется хиральностью. Она есть у молекул, у которых зеркальные отображения которых не совместимы друг с другом при любых поворотах в пространстве. Это можно сравнить с правой и левой рукой.



Многие физические и химические свойства оптических изомеров одинаковы. Но в реакциях с другими соединениями с оптической активностью их химическая активность может различаться (стереоспецифичность).

Помимо изомеров можно также встретить гомологи.

Гомологи - вещества сходного строения, состав которых отличается на одну или несколько групп  $\text{CH}_2$ .

Имеют близкие химические свойства. Поэтому можно говорить о химических свойствах веществ гомологического ряда (рис.11).

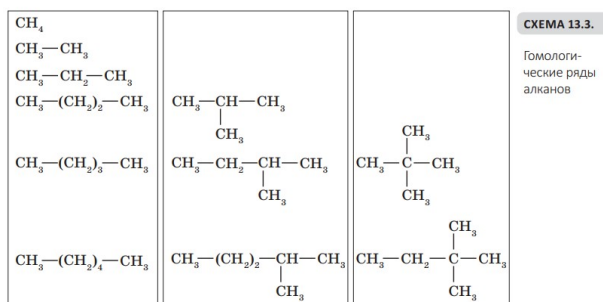


Рис. 11: Гомологические ряды на примере алканов.

Большинство органических веществ можно рассматривать как результат замещения в молекуле углеводорода одного или нескольких атомов водорода на функциональную группу (таблица 4).

Таблица 4. Важнейшие функциональные группы и соответствующие им классы органических соединений (рис.12).

Также важно понятие свободного радикала.

Свободный радикал - атом или молекула, которая имеет на внешней оболочке один или несколько неспаренных электронов. Из-за этого радикалы химически активны. Радикал стремится либо вернуть себе недостающий электрон, забрав его от окружающих молекул, либо избавиться от лишнего электрона, отдавая его молекулам.

Обозначение	Название	Название	Классы соединений
—F, —Cl, —Br, —I	Фтор- Хлор- Бром- Иод-	Галоген	Галогено- производные
—OH	-ол, гидрокси-*	Гидроксильная группа, гидроксил	Спирты, фенолы
$\begin{array}{c}   \\ \text{C}=\text{O} \\   \end{array}$	-аль (альдегид) -он (кетон)	Карбонильная группа, карбонил	Альдегиды, кетоны
—COOH	-карбоновая кислота	Карбоксильная группа, карбоксил	Карбоновые кислоты
—NO <sub>2</sub>	нитро-	Нитрогруппа	Нитросоеди- нения
—NH <sub>2</sub>	-амин, амино-*	Аминогруппа	Амины

Рис. 12:

### Примеры заданий №11

#### **Задание 1**

Из предложенного перечня выберите два вещества, для которых возможна цис-транс-изомерия.

- 1)гексен-2
- 2)бутин-1
- 3)2,3-диметилпентан
- 4)2,3-диметилбутен-2
- 5)1,3-диметилциклобутан

Запишите номера выбранных веществ.

#### **Решение**

Цис-транс-изомерия возможна для алкенов с различными заместителями при двойной связи, например, гексена-2, и для циклоалканов с двумя радикалами у разных атомов углерода, например, 1,3-диметилциклобутана.

Ответ: 15.

## **Задание 2**

Из предложенного перечня выберите два вещества, которые являются гомологами.

- 1) фенол
- 2) формальдегид
- 3) пропаналь
- 4) бензальдегид
- 5) пропиловый спирт

Запишите номера выбранных соединений.

## **Решение**

Гомологи отличаются по составу на одну или несколько метиленовых групп и имеют сходное строение, поэтому в данном случае гомологами являются ациклические формальдегид и пропаналь. Бензальдегид же, в свою очередь, является циклическим соединением, и не имеет гомологов среди представленных веществ.

Ответ: 23

# 11 Характерные химические свойства углеводородов

Для успешного решения задания №12 необходимо знать характерные химические свойства углеводородов: алканов, циклоалканов, алкенов, диенов, алкинов, ароматических углеводородов (бензола и гомологов бензола, стирола), основные способы получения углеводородов (в лаборатории).

Углеводороды – наиболее распространенные и повсеместно окружающие нас органические вещества. Они встречаются как внутри растений, животных и нас самих, так и в материалах, используемых в быту и производстве, в лабораториях, медицине, агротехнологии. Давайте рассмотрим каждый из классов, на которые делятся углеводороды в зависимости от их структуры.

## Предельные углеводороды (алканы, парафины)

Общая формула:  $C_nH_{2n+2}$

Соединения, состоящие из С и Н. Все связи атомов С, не затраченные на образование одинарных связей С – С, насыщены атомами Н.

Представители:

$CH_4$  – метан;  $C_2H_6$  – этан;  $C_3H_8$  – пропан;  $C_4H_{10}$  – бутан;

$C_5H_{12}$  – пентан;  $C_6H_{14}$  – гексан;  $C_7H_{16}$  – гептан;  $C_8H_{18}$  – октан.

## Физические свойства:

$CH_4$  - бесцветный газ,  $t_{кип} = -162^\circ$ .

$C_2 - C_4$  – газы.

$C_5 - C_{15}$  – при обычных условиях жидкости.

Далее - твердые вещества.

$t_{кип}$  предельных углеводородов с неразветвленной цепью выше, чем  $t_{кип}$  у соответствующих углеводородов с разветвленной цепью.

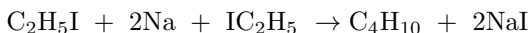
## Получение:

1. Гидрирование  $CH_2 = CH_2 + H_2$  t, Ni  $\rightarrow$   $CH_3 - CH_3$

2.  $CH_3I + H_2 \rightarrow CH_4 + HI$

$CH_3I + HI \rightarrow CH_4 + I_2$

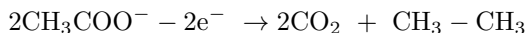
3. Реакция Вюрца часто используемый метод синтеза симметричных насыщенных углеводородов действием металлического натрия на галогеналканы:



4. Сплавление солей:  $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3$

5. Синтез из CO и H<sub>2</sub>:  $\text{CO} + \text{H}_2 \rightarrow$  смесь углеводородов + H<sub>2</sub>O

6. Синтез Кольбе - электролиз растворов солей карбоновых кислот:

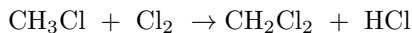
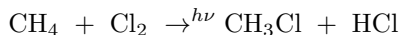


Химические свойства:

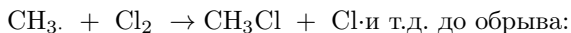
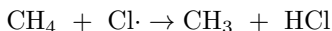
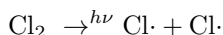
Связи C – C и C – H прочные с низкой поляризуемостью, характерен свободнорадикальный механизм реакций:  $\text{CH}_3 : \text{H} \rightarrow \text{CH}_3 \cdot + \text{H}$

1) Реакции по C – H связи:

А) Реакции свободнорадикального замещения (условия: свет, нагрев):



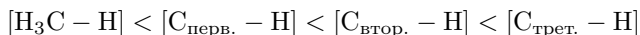
Механизм:



Легче всего идет замещение водорода у третичного атома, труднее у вторичного и еще труднее у первичного. Третичные и вторичные углеводородные радикалы более устойчивы по сравнению с первичными:

Устойчивость:  $\text{CH}_3\cdot < \text{RCH}_2\cdot < \text{R}_2\text{CH}\cdot < \text{R}_3\text{C}\cdot$

В реакциях радикального замещения соблюдается следующий порядок увеличения реакционной способности C – H-связей:



Б) Реакция М.Н. Коновалова - химическая реакция, заключающаяся в нитровании органических алифатических, алициклических и



жирноароматических соединений разбавленной азотной кислотой при повышенном или нормальном давлении:

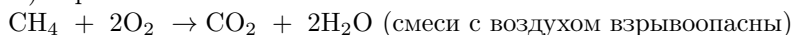


В) Дегидрирование:

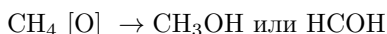


2) Окисление:

А) Горение:



Б) Каталитическое окисление:



В) Окисление гомологов - с разрывом C – C связи:

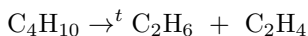
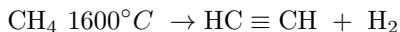
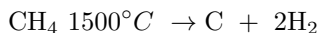
Получение уксусной кислоты:



3) Реакции по C – C связи:

А) Крекинг:

От англ. “to crack” - расщеплять - нагревание нефти и нефтепродуктов без доступа воздуха, приводящее к разрыву связей – и образованию продуктов с меньшей молекулярной массой.



Смесь продуктов - разветвленные, непредельные.

Циклоалканы (Циклопарафины) – C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>

Углеводороды, в которых атомы образуют цикл, связи насыщены атомами водорода. Циклопропан имеет плоский цикл, состоит из трёх атомов углерода. Это обуславливает его высокую реакционную способность в отличие от других циклоалканов.

Физические свойства:

При комнатной температуре:

C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>: газы.

C<sub>5</sub>-C<sub>16</sub>: легколетучие жидкости.

C<sub>17</sub> и далее: маслоподобные вещества.  $t_{\text{кип}}$  выше, чем у алканов с таким же количеством атомов углерода. Нерастворимы в воде, но растворимы в жидких алканах и друг в друге.

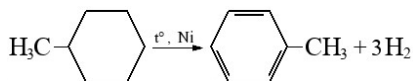
### Химические свойства

Подобны парафинам. Свободнорадикальное замещение. Свойства зависят от размера цикла:

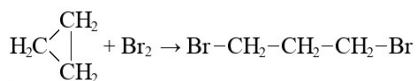
C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>: склонны к реакциям присоединения с раскрытием цикла, гидрируются при низких температурах, превращаясь в алканы.

C<sub>5</sub>-C<sub>7</sub> и выше: вступают в радикальные реакции замещения. Не склонны к потере циклической структуры.

1. Для циклогексанов - легкая дегидрогенизация:



2. Легкое разрушение 3-4-членных циклов:

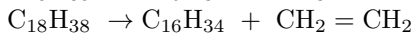
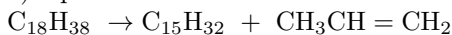


Непредельные углеводороды (алкены, олефины) - C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>

Углеводороды, содержащие двойные (C = C) связи.

Получение:

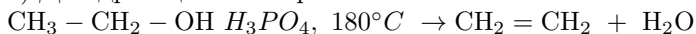
1) Крекинг:



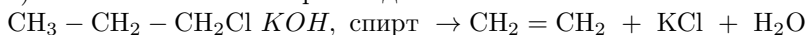
2) При коксовании каменного угля (в виде выделяющегося газа)

3) Дегидрогенирование предельных углеводородов: C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>  $t, Ni$  → C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>

4) Дегидратация из спиртов:



5) Из моногалогенных производных:



Существует правило, описывающее отщепление водорода. Оно нужно для понимания, какое вещество получится в результате реакции. Это правило Зайцева.

Правило Зайцева: Отщепление водорода происходит прежде от наименее гидрогенизированного атома углерода. Это может быть использовано для перемещения  $\sigma$ -связи по цепи.

б) Из дигалогенпроизводных:



Физические свойства: Имеют более низкие температуры кипения и плавления, чем соответствующие им алканы.  $t_{\text{пл}}$  и  $t_{\text{кип}}$  увеличиваются с ростом молекулярной массы.

При комнатной температуре:

$\text{C}_2 - \text{C}_4$  – газообразное состояние.

$\text{C}_5 - \text{C}_{15}$  – жидкости.

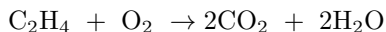
$\text{C}_{16}$  – твёрдые кристаллические вещества.

Нерастворимы в воде, хорошо растворимы в органических растворителях.

Химические свойства:

Легкость электрофильного присоединения. Характерны реакции присоединения, протекающие по ионному механизму. Они протекают в растворителе, многие – каталитические.

1) Горение:

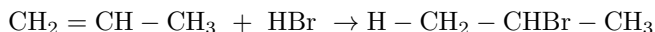


2) Реакции присоединения по связи  $\text{C} = \text{C}$ :

А) Обесцвечивание бромной воды:

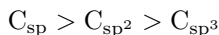


Б) Правило Марковникова – правило, нужное для понимания механизма присоединения: атом водорода из  $\text{HNaI}$  присоединяется к атому углерода с наибольшим числом атомов водорода. Или по-другому: атом водорода присоединяется к более гидрогенизированному атому углерода при двойной связи.



Причины:

Сдвиг электронов в несимметричной молекуле к  $C = C$ -связи, т.к. электроотрицательность:



2) Большая устойчивость промежуточного карбокатиона: первичный < вторичный < третичный

В) Полимеризация (соединение молекул друг с другом):

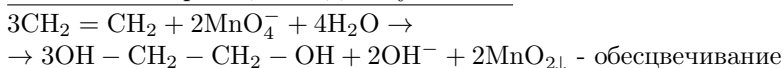
$nCH_2 = CH_2 \rightarrow (-CH_2 - CH_2-)_n$  - полиэтилен, где  $n$  - степень полимеризации

Г) Гидратация:

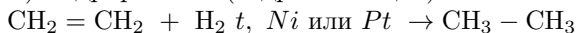


Д) Окисление:

Качественная реакция на двойную связь:

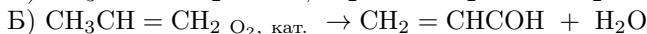
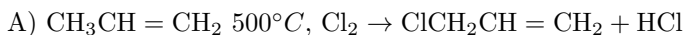


Е) Гидрирование (гидрогенизация):



3) Реакции соседней с  $C = C$  связью группы: активация  $C = C$  связью соседнего радикала.

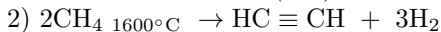
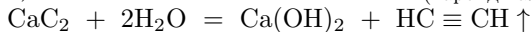
Возможно:



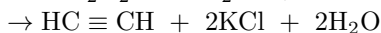
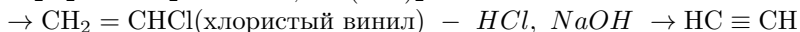
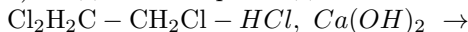
Алкины (ацетиленовые углеводороды) -  $C_nH_{2n-2}$

Непредельные углеводороды, содержащие тройную связь  $C \equiv C$ .

Получение:



3) Из дигалогенпроизводных:



### Физические свойства:

$t_{\text{пл.}}$  и  $t_{\text{кип.}}$  увеличиваются с ростом молекулярной массы.  $t_{\text{кип.}}$  выше, чем у соответствующих алкенов.

При обычных условиях:

$\text{C}_2\text{-C}_4$ : газы.

$\text{C}_5\text{-C}_{16}$ : жидкости.

с  $\text{C}_{17}$ : твёрдые вещества.

Низшие алкины плохо растворяются в воде, но лучше, чем алканы и алкены. Хорошо растворяются в неполярных органических растворителях.

### Химические свойства:

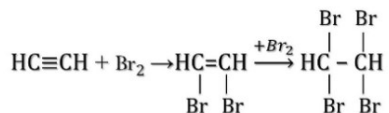
Горение:

$\text{C}_2\text{H}_2$  горит коптящим пламенем. При вдувании кислорода появляется ослепительно белое пламя (до  $2500^\circ$ ). Смесь  $\text{C}_2\text{H}_2$  и  $\text{O}_2$  взрывоопасна.

2) Присоединение по  $\text{C} \equiv \text{C}$  связи:

Протекает ступенчато:

А) Обесцвечивание бромной воды:



Б)  $\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H} + \text{HCl} \text{ AlCl}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{C} = \text{CHCl}$  (хлористый винил) +

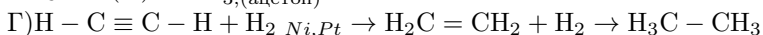
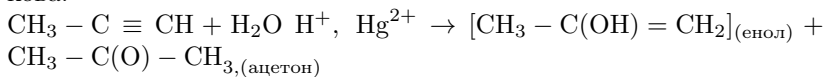
+  $\text{HCl} \rightarrow \text{H}_3\text{C} - \text{CHCl}_2$  (по правилу Марковникова)

В) Реакция Кучерова - реакция гидратации ацетиленовых соединений с образованием карбонильных соединений:

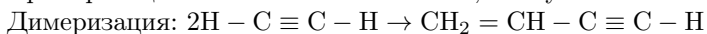
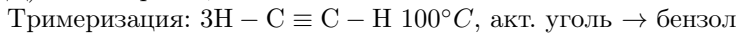
$\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H} + \text{H}_2\text{O} \text{ H}^+, \text{Hg}^{2+} \rightarrow [\text{H}_2\text{C} = \text{C}(\text{OH})\text{H}] \rightarrow \text{CH}_3\text{COH}$   
(уксусный альдегид)

Присоединение  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$  и др. происходит по правилу Марковни-

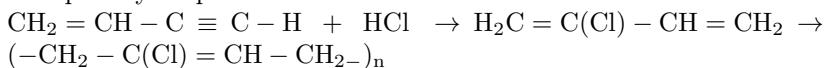
кова:



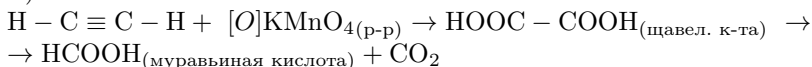
Д) Полимеризация:



По правилу Марковникова:



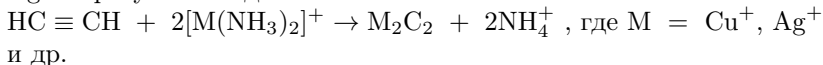
Е) Окисление:



3) Реакция – связи, соседней с группой  $\text{C} \equiv \text{C}$ :

Присутствует сильное влияние  $\text{C} \equiv \text{C}$  связи на свойства связанного с ней атома. Т.к. углерод сильно ненасыщен, электроотрицательность  $\text{C}_{sp} > \text{C}_{sp^2} > \text{C}_{sp^3}$ , наблюдается сдвиг электронов. Поляризация связи – приводит к появлению кислотных свойств.

При пропускании  $\text{HC} \equiv \text{HC}$  через аммиачный раствор солей  $\text{Cu}^+$  и  $\text{Ag}^+$  образуется осадок:

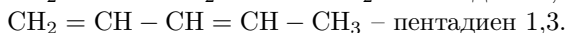
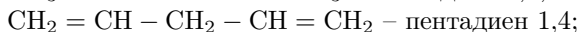
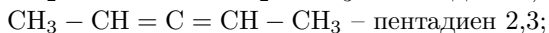
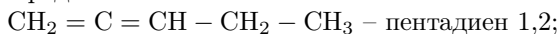


Ацетилениды  $\text{M}_2\text{C}_2$  после высушивания взрываются.

Диеновые углеводороды –  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

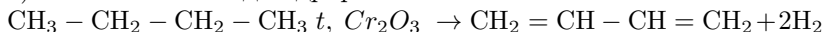
Непредельные углеводороды, содержащие 2 двойные связи  $\text{C} = \text{C}$ .

Представители:



Получение:

1) Каталитическое дегидрирование алканов:



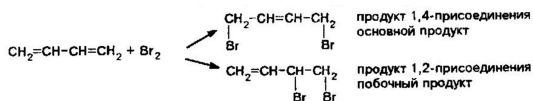
2) Реакция Лебедева - получение бутадиена из этанола:



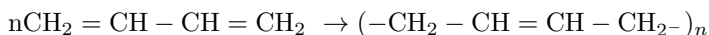
Физические свойства: Бутадиен-1,3 — легко сжижающийся бесцветный газ с резким неприятным запахом.

Последующие гомологи - жидкости. Нерастворимы в воде.

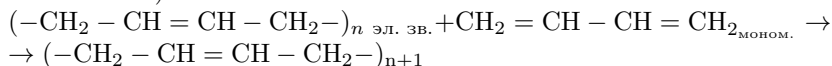
Химические свойства: из-за взаимного влияния C = C связей вся ненасыщенная система в реакциях присоединения реагирует как одно целое:



Реакция полимеризации:

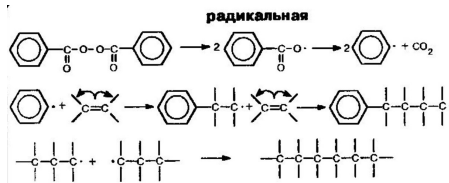


Полимеры - высокомолекулярные соединения, молекулы которых состоят из большого числа повторяющихся группировок (мономерных звеньев).

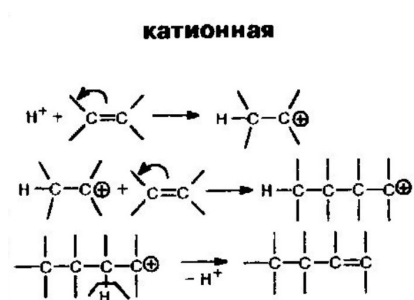


Полимеризация - процесс синтеза полимера путем последовательного присоединения молекул низкомолекулярного вещества (мономера) к активному центру, находящемуся на конце растущей цепи. Механизмы: радикальный, катионный и анионный.

1) Радикальный

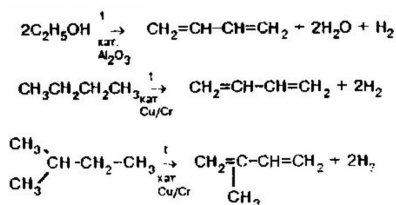


## 2) Катионный



Резины - образуются при сшивании макромолекул за счет оставшихся  $C = C$  связей  $S - S$  мостиками («вулканизация»).

Стереорегулярный полимер - звенья только цис-строения, что обуславливает хорошие механические свойства. Для искусственного получения используются специальные катализаторы (К.Циглер, Д. Натта):



Ароматические углеводороды (арены)

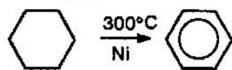
Органические соединения, в состав которых входит одно или несколько бензольных ядер.



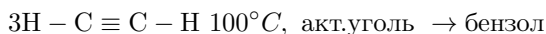


Получение:

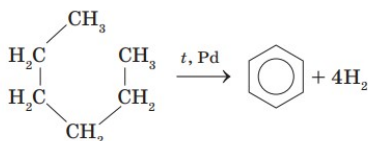
1. Содержатся в некоторых нефтях.
2. Дегидрирование:



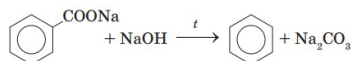
3. Тримеризация ацетилена:



4. Дегидроциклизация алканов:



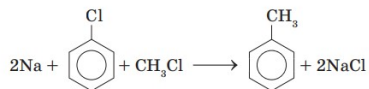
5. Декарбоксилирование солей бензойной кислоты сплавлением со щелочами:



6. Реакция Вюрца — Фиттига - химическая реакция, заключающаяся в получении алкилбензолов из смеси алифатических и ароматических галогенидов действием металлического натрия в инертном растворителе:

Физические свойства:

Первые члены гомологического ряда - бесцветные жидкости легче воды. С водой не смешиваются, в органических веществах растворяются хорошо. Имеют слабый приятный запах. Большинство аренов токсичны, некоторые канцерогенны.



Химические свойства:

2) Реакции замещения: происходят в присутствии катализаторов ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeBr}_3$ ), которые вызывают поляризацию молекул (рис.34):

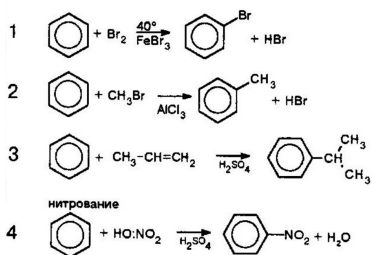


Рис. 13: Реакции замещения

3) Реакции присоединения (рис.35):

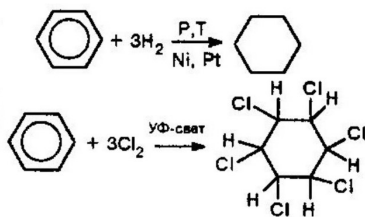
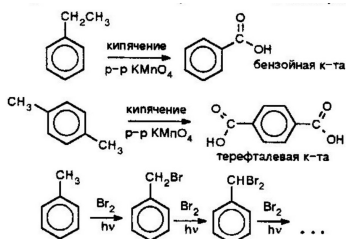


Рис. 14: Реакции присоединения

Протекают в жестких условиях, т.к. происходит разрушение устой-

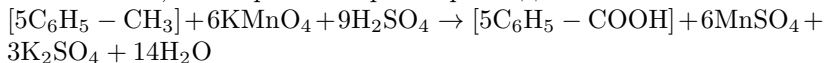
чивой ароматической системы.

4) Реакции заместителей, связанных с кольцом:

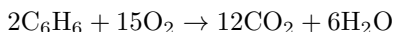


5) Окисление:

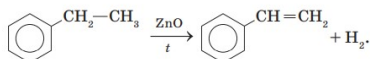
Бензол устойчив к окислению. Гомологи бензола окисляются подкисленным раствором перманганата калия с образованием бензойной кислоты, а нейтральным раствором - до её солей:



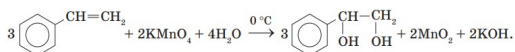
Бензол и его гомологи горят на воздухе сильно коптящим пламенем:



Каталитическое дегидрирование этилбензола приводит к образованию стирола:



Стирол – бесцветная жидкость, не растворимая в воде. Склонен к полимеризации, легко вступает в реакции присоединения по двойной связи. Разбавленным раствором перманганата калия он окисляется до двухатомного ароматического спирта:



Примеры задания №12

### Задание 1

Из предложенного перечня выберите все вещества, с которыми реагирует этан.

- 1) хлороводородная кислота
- 2) азотная кислота
- 3) гидроксид меди (II)
- 4) оксид меди (II)
- 5) кислород

Запишите номера выбранных веществ.

### Решение

Алканы — довольно малореакционноспособные соединения, и реагируют лишь с небольшим количеством соединений в довольно жестких условиях — галогенами, кислородом, озоном, азотной кислотой.

Ответ: 25

### Задание 2

Из предложенного перечня выберите две пары углеводородов, с которыми взаимодействует бромная вода.

- 1) стирол и ацетилен
- 2) пропан и бутан
- 3) бензол и толуол
- 4) пропен и пропиен
- 5) этан и этилен

Запишите номера выбранных веществ.

### Решение

С бромной водой могут реагировать алкены, алкины, диены и активные ароматические соединения (например, стирол, он же винилбензол). В данном случае подходит вариант 1 и 4.

Ответ: 14.

### Задание 3

Из предложенного перечня выберите все вещества, которые реагируют с этанолом, но не реагируют с бензолом.

- 1)  $H_2$
- 2)  $K$
- 3)  $HCl$
- 4)  $HNO_3$
- 5)  $KMnO_4$  (подкисл.)

Запишите номера выбранных ответов.

### Решение

Установим соответствие:

1. Этанол не реагирует, бензол реагирует;
2. Этанол реагирует, с образованием этилата калия и воды, бензол не реагирует;
3. Этанол реагирует, бензол не реагирует;
4. Этанол реагирует с образованием этилнитрата, бензол реагирует с образованием нитробензола;
5. Этанол реагирует с образованием уксусной кислоты, бензол не реагирует.

Ответ: 235.

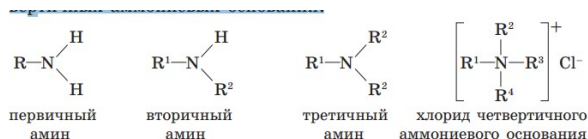
## 12 Характерные химические свойства азотсодержащих органических соединений

Для успешного решения задания №13 необходимо знать характерные химические свойства азотсодержащих органических соединений: аминов и аминокислот, важнейшие способы получения аминов и аминокислот, биологически важные вещества: жиры, углеводы (моносахариды, дисахариды, полисахариды), белки.

Давайте по порядку разберем возможные типы азотсодержащих органических соединений.

### Амины

Это производные аммиака, где один или несколько атомов Н замещены на углеводородные радикалы. Делятся на первичные, вторичные и третичные амины. Известны также соли четвертичных аммониевых оснований.



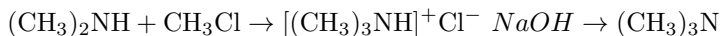
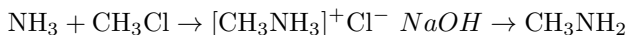
### Физические свойства:

Низшие амины при комнатной температуре - газы, имеющие резкий неприятный запах, хорошо растворимые в воде.

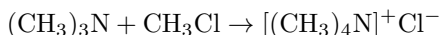
Ароматические амины - малорастворимы в воде. Анилин - бесцветная, ядовитая, неприятно пахнущая жидкость.

Получение:

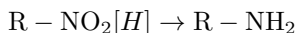
1) Алкилирование аммиака и аминов - нагревание с галогеналканами:



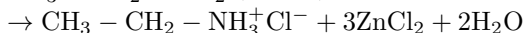
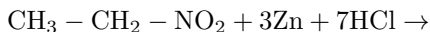
2) Получение соли четвертичных аммониевых оснований:



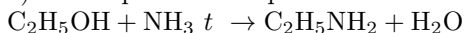
3) Восстановление нитросоединений (первичные амины). Как восстановитель используется газообразный или выделяющийся при реакции кислород:



Б) Реакция Зинина - реакция между нитросоединением, активным металлом и кислотой или щёлочью:



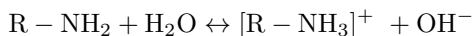
4) Аминирование спиртов:



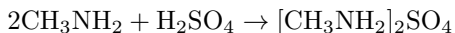
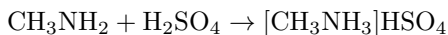
Химические свойства:

Основные свойства:

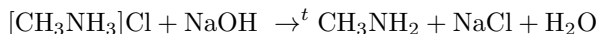
А) Алифатические амины: более сильные основания, чем аммиак. Водные растворы аминов имеют щелочную среду, окрашивают фенолфталеин в малиновый цвет:



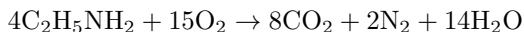
Б) Образование солей:



В) Ароматические амины: более слабые основания, чем аммиак. Водный раствор не изменяет окраску индикаторов. Соли аминов - твёрдые вещества, хорошо растворимые в воде. Вытеснение аминов из солей при помощи щелочей:

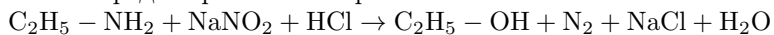


2) Горение аминов:

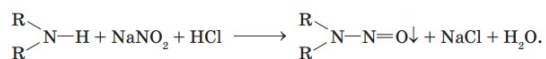


3) Установление типа амина:

А) Первичные алифатические амины под действием нитритов в кислой среде превращаются в первичные спирты:



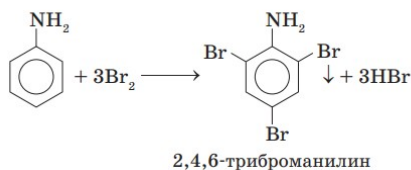
Б) Вторичные амины при реакции с в кислой среде жидкие или твёрдые нитрозосоединения жёлтого цвета:



В) Третичные амины - не реагируют.

4) Ароматические амины: характерны реакции замещения в ароматическом ядре.

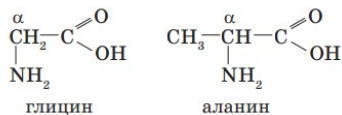
Качественная реакция на анилин:



При действии хлорной извести  $CaOCl_2$  раствор анилина приобретает интенсивно фиолетовую окраску. Эта реакция также является качественной на анилин.

### Аминокислоты

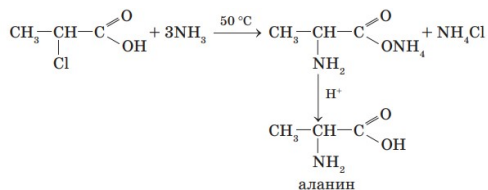
Органические бифункциональные соединения, в состав которых входят карбоксильная группа  $-COOH$  и аминогруппа  $-NH_2$





Получение:

- 1) Гидролиз пептидов.
- 2) Реакция аммиака с галогензамещёнными кислотами.

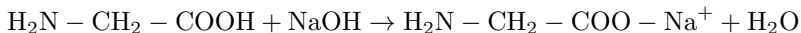
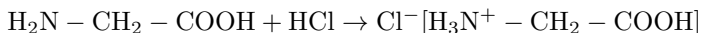


### Физические свойства:

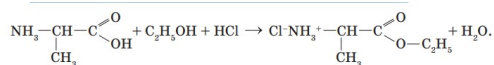
Твёрдые кристаллические вещества, хорошо растворимы в воде. Многие аминокислоты имеют сладкий вкус. Существуют в виде биполярных ионов, таких как, например,  $+\text{NH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COO}^-$

### Химические свойства:

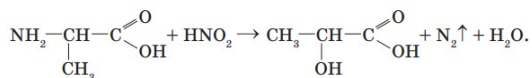
- 1) Амфотерные соединения. Они реагируют с кислотами и с основаниями, образуя соли:



- 2) Со спиртами в присутствии газообразного хлороводорода:



- 3) С азотистой кислотой:



- 4) Образование пептидов:





### Примеры задания №13

#### **Задание 1**

Из предложенного перечня выберите два вещества, с каждым из которых реагирует этиламин.

- 1) Na
- 2) NaOH
- 3) HNO<sub>2</sub>
- 4) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- 5) NH<sub>3</sub>

Запишите номера выбранных ответов в порядке возрастания.

#### **Решение**

Этиламин относится к классу аминов, поэтому реагирует с кислотами-азотистой кислотой и серной кислотой.

Ответ: 34.

#### **Задание 2**

Из предложенного перечня выберите два амина, которые проявляют более слабые основные свойства, чем аммиак.

- 1) диметиламин
- 2) анилин
- 3) пропиламин
- 4) триэтиламин
- 5) дифениламин

Запишите номера выбранных ответов в порядке возрастания.

#### **Решение**

Рассматриваем электронную плотность на атоме азота: чем меньше электронная плотность, тем слабее основные свойства. Значит, нужно найти электроноакцепторный заместители при азоте. Под это описание подходят бензольные кольца. Следовательно, это анилин и дифениламин.

Ответ: 25.

#### **Задание 3**

Из предложенного перечня выберите два вещества, которые вступают в реакцию гидролиза.

- 1)сахароза
- 2)тристеарат глицерина
- 3)рибоза
- 4)цистеин
- 5)олеиновая кислота

Запишите номера выбранных ответов в порядке возрастания.

### **Решение**

В реакцию гидролиза вступают олигосахариды, полисахариды, сложные эфиры, пептиды. Сахароза- олигосахарид, тристеарат глицерина- сложный эфир, рибоза- моносахарид, цистеин- аминокислота, олеиновая кислота- кислота.

Ответ: 12.

## 13 Характерные химические свойства углеводов.

Для успешного решения задания №14 нужно знать характерные химические свойства углеводов: алканов, циклоалканов, алкенов, диенов, алкинов, ароматических углеводов (бензола и гомологов бензола, стирола), важнейшие способы получения углеводов, ионный (правило В. В. Марковникова) и радикальные механизмы реакций в органической химии.

Этот пункт основывается на теории из п. 13 «Характерные химические свойства углеводов.» Отличие пункта в заданиях, направленных, в основном, на понимание механизмов присоединения.

### Примеры задания №14

#### **Задание 1**

Установите соответствие между углеводородами и продуктами, которые образуются (преимущественно) при их взаимодействии с избытком бромоводорода: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### УГЛЕВОДОРОД

- А)пропин
- Б)пропен
- В)бутен-2
- Г)циклопропан

#### ПРОДУКТ РЕАКЦИИ

- 1)  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{Br}) - \text{CH}_3$
- 2)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Br}$
- 3)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHBr}_2$
- 4)  $\text{CH}_3 - \text{CBr}_2 - \text{CH}_3$
- 5)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Br}$
- 6)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{Br}) - \text{CH}_3$

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


### Решение

Установим соответствие.

А) Пропин: присоединение по кратной связи идет по правилу Марковникова, поэтому получится 4)  $\text{CH}_3 - \text{CBr}_2 - \text{CH}_3$

Б) Пропен: присоединение по кратной связи идет по правилу Марковникова, поэтому получится 1)  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{Br}) - \text{CH}_3$

В) Бутен-2: присоединение по кратной связи, получится 6)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{Br}) - \text{CH}_3$

Г) Циклопропан: происходит разрыв цикла по одной из связей, поэтому получится 2)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Br}$

Ответ: 4162.

### Задание 2

Установите соответствие между реагирующими веществами и органическим продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА

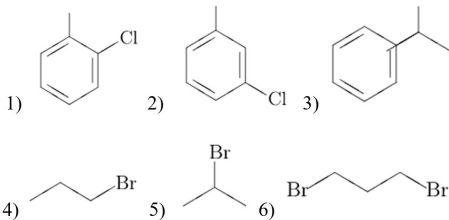
А) пропен и бромоводород в присутствии пероксида водорода

Б) циклопропан и бром

В) бензол и пропен в присутствии хлорида алюминия

Г) толуол и хлор в присутствии хлорида алюминия

#### ПРОДУКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ



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


### Решение

А) Согласно правилу Марковникова при взаимодействии пропена с бромоводородом преимущественно образуется более замещенный галогенид, однако в присутствии катализатора- пероксида водорода реакция идет против данного правила и образуется 1-бромпропан(4).

Б) При взаимодействии циклопропана с бромом происходит раскрытие цикла и образование 1,3-дибромпропана(6).

В) Взаимодействие бензола с пропеном в присутствии хлорида алюминия приводит к образованию кумола- изопропилбензола(3).

Г) Толуол и хлор в присутствии хлорида алюминия образуют орто-хлортолуол(1).

Ответ: 4631.

### Задание 3

Установите соответствие между схемой реакции и веществом, принимающим в ней участие: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### СХЕМА РЕАКЦИИ

А)  $X + H_2O \xrightarrow{\text{кат}}$  → изопропиловый спирт

Б)  $X + KMnO_4 + H_2O \rightarrow$  пропандиол-1,2

В)  $X + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$  пропионовая кислота

Г)  $X + H_2O \xrightarrow{\text{кат}}$  → ацетон

#### ВЕЩЕСТВО X

1)пропин

2)бутен-2

3)бутин-2

4)бутан

5)пропен

6)бутен-1

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.




### Решение

А. Пропанол-2 образуется в ходе каталитической гидратации пропена. (5)

Б. Диолы получают мягким окислением алкенов перманганатом калия в нейтральной среде. Продуктом является пропандиол-1,2, значит, вещество X - пропен. (5)

В. Единственным органическим продуктом окислительно-восстановительной реакции является пропионовая кислота, что говорит о разрыве двойной связи, значит, вещество X - бутен-1. (6)

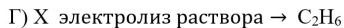
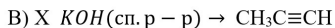
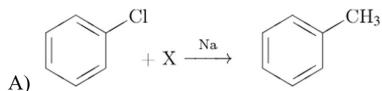
Г. Ацетон образуется в ходе каталитической гидратации пропина. (1)

Ответ: 5561.

### Задание 4

Установите соответствие между схемой реакции и веществом, принимающим в ней участие: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### СХЕМА РЕАКЦИИ



#### ВЕЩЕСТВО

- 1)  $CH_3CH_2CH = CHCH_2CH_3$
- 2)  $CH_3Cl$
- 3)  $CH_3CH(Cl)CH_2Cl$
- 4)  $CH_3C \equiv CCH_3$
- 5)  $CH_3COOK$

б)  $C_2H_5COOK$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.


### Решение

Установим соответствие.

А. Представленная реакция- удлинение углеродной цепи реакцией Вюрца. Для получения толуола из хлорбензола по данной схеме, необходимо добавить хлорметан. (2)

Б. Органическим продуктом окислительно-восстановительной реакции является только пропионовая кислота, что говорит о разрыве двойной связи в «симметричном» алкене, значит, вещество X – гексен-3. (1)

В. Взаимодействие галогеналканов со спиртовым раствором щёлочи приводит к дегидрогалогенированию и образованию ненасыщенных углеводородов. В данном случае, взаимодействию подвергается 1,2-дихлорпропан. (3)

Г. Алканы образуются при электролизе растворов солей органических кислот (по реакции Кольбе), при этом алкильный остаток удваивается. Поэтому вещество X – ацетат калия. (5)

Ответ: 2135.

### Задание 5

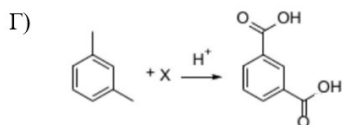
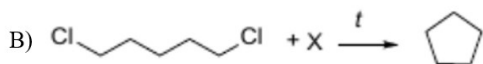
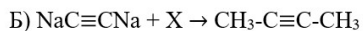
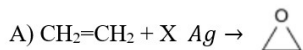
Установите соответствие между схемой реакции и веществом, принимающим в ней участие: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

СХЕМА РЕАКЦИИ

ВЕЩЕСТВО X

- 1)  $NaOH$
- 2)  $Zn$
- 3)  $O_2$
- 4)  $KMnO_4$
- 5)  $CH_3I$
- 6)  $C_2H_5Cl$

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




### Решение

A. При окислении этилена кислородом в присутствии серебра образуется окись этилена (3).

Б. При добавлении 2 моль метилиодида к ацетилениду динатрия образуется бутин-2 (5).

В. Действие цинка на дигалогеналканы приводит к образованию циклоалканов, если атомы галогенов стоят через один, два или более атомов (2).

Г. Перманганат калия окисляет  $-\text{CH}_3$  группы до карбоксильных групп (4).

Ответ: 3524.

## 14 Характерные химические свойства предельных кислородсодержащих органических соединений

Для успешного решения задания №15 нужно знать характерные химические свойства предельных одноатомных и многоатомных спиртов, фенола, альдегидов, карбоновых кислот, сложных эфиров, важнейшие способы получения кислородсодержащих органических соединений.

### Спирты

Производные углеводородов, в которых один или несколько атомов H замещены на гидроксильную группу—ОН за исключением веществ, в структуре которых ОН—группа непосредственно связана с ароматическим кольцом.

По числу гидроксильных групп в молекуле:

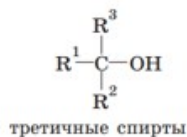
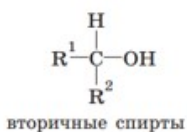
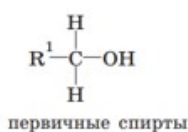
- 1) Одноатомные спирты
- 2) Многоатомные спирты

Предельные одноатомные спирты -  $C_nH_{2n+1}OH$

Производные предельных алифатических углеводородов, содержащих одну ОН— группу.

В зависимости от того, с каким атомом углерода связана группа —ОН, спирты подразделяют на:

- 1) Первичные
- 2) Вторичные
- 3) Третичные:



### Физические свойства:

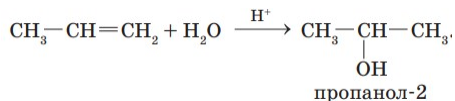
Спирты с 1-15 атомами С: жидкости, смешиваются с водой.

Высшие спирты: твёрдые вещества, практически нерастворимы.

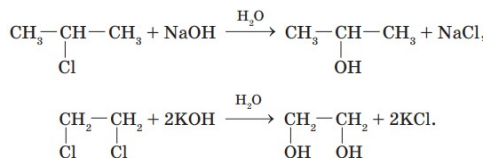
### Получение:

- 1) Гидратация алкенов с  $H_2SO_4$  или  $H_3PO_4$  (по правилу Марков-

никова):

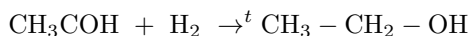


2) Гидролиз алкилгалогенидов:

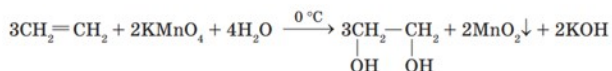


3) Восстановление карбонильных соединений на металлическом катализаторе.

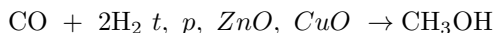
Альдегиды → первичные спирты, кетоны → вторичные:



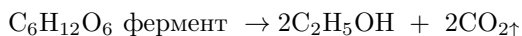
4) Окисление алкенов холодным разбавленным раствором  $\text{KMnO}_4$



5) Из синтез-газа (смеси монооксида углерода и водорода):



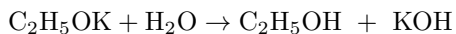
6) Брожение глюкозы и других сахаров:

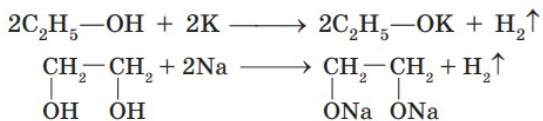


Химические свойства:

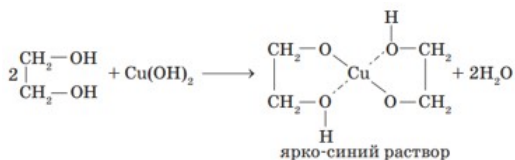
1) Проявляют слабые кислотные свойства. Не изменяют окраски индикаторов и не взаимодействуют с растворами щелочей.

А) Со щелочными металлами:

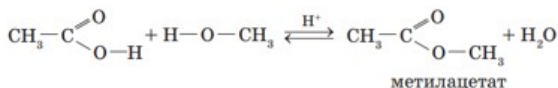




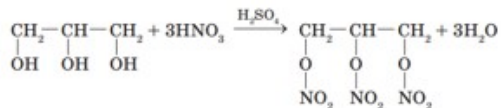
Б) Качественная реакция на многоатомные спирты: реакция со свежеосаждённым гидроксидом меди(II):



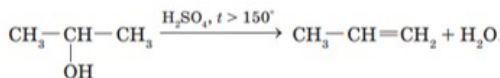
2) Этерификация - реакция образования сложных эфиров при взаимодействии кислот и спиртов:



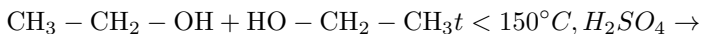
3)

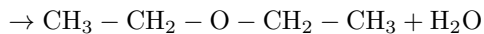


4) Внутримолекулярная дегидратация:

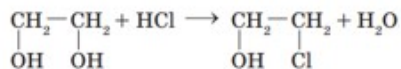
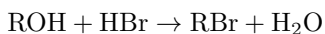


5) Межмолекулярная дегидратация спиртов:

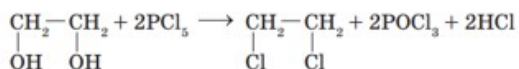




6) С галогеноводородами:

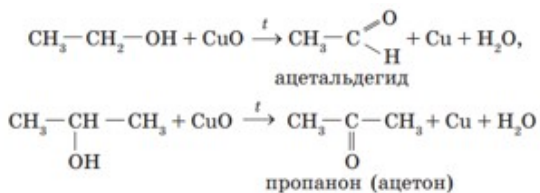


7) С галогенидами фосфора:

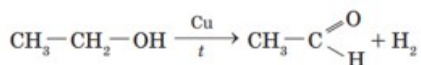


8) Окисление спиртов:

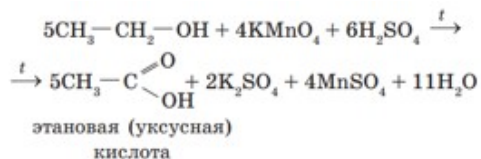
А) С CuO:



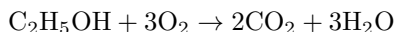
Б) В промышленности:



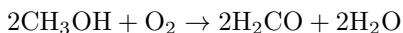
В) С KMnO<sub>4</sub>:



Г) Горение:



Д) Окисление метанола:



### Простые эфиры

Вещества, молекулы которых состоят из двух углеводородных радикалов, соединённых атомом О: R-O-R'.

Группы R и R' могут быть одинаковыми или разными, а соответствующие простые эфиры — симметричными или несимметричными.

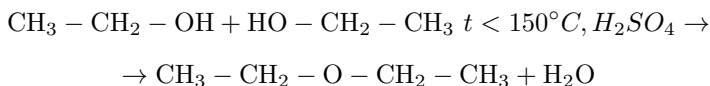
### Физические свойства:

Практически нерастворимы в воде.

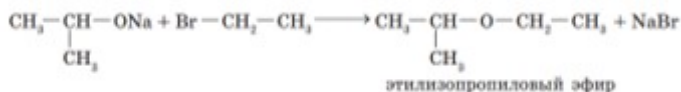
При комнатной температуре: CH<sub>3</sub> - O - CH<sub>3</sub> - газ, диэтиловый эфир - легколетучая жидкость.

### Получение:

1) Межмолекулярная дегидратация спиртов:



2) Реакция Вильямсона - реакция получения простых эфиров алкилированием алкоголятов или фенолятов алкилгалогенидами:



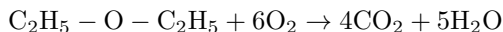
### Химические свойства

1) Не реагируют с Na и большинством кислот, способны распадаться под действием HI:



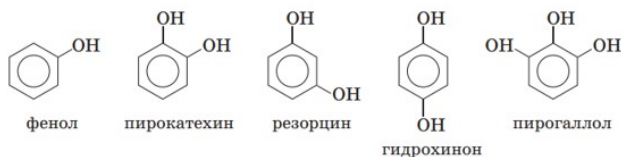


2) Воспламеняются, ары образуют с воздухом гремучие смеси:



### Фенолы

Производные ароматических углеводородов, в молекулах которых есть хотя бы одна OH группа, связанная с атомом углерода бензольного кольца.



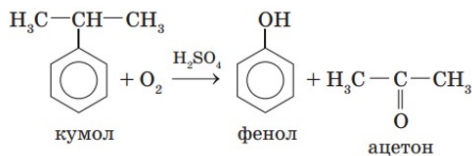
### Физические свойства:

Твёрдые легкоплавкие кристаллические вещества со специфическим запахом.

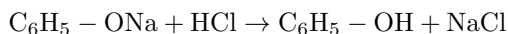
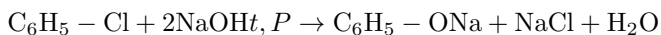
$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  слабо растворяется в холодной воде, гораздо лучше в горячей. Растворим в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле. Обладает сильным дезинфицирующим действием.

### Получение:

- 1) В промышленности: из каменноугольной смолы.
- 2) Окисление кумола:

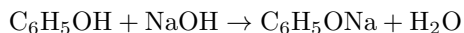
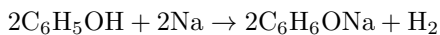


- 3) Нагревание хлорбензола под давлением со щёлочью с последующим разложением полученного фенолята:

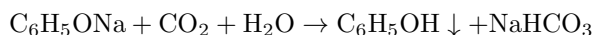


### Химические свойства:

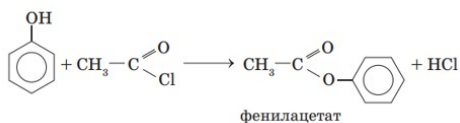
1) Фенол - слабая кислота, не изменяющая окраску индикаторов. Реагирует с щелочными металлами, с водными растворами щелочей:



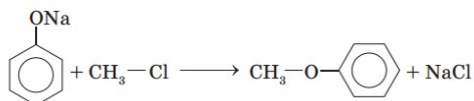
2) С избытком  $\text{CO}_2$ :



2) Образование сложных эфиров:

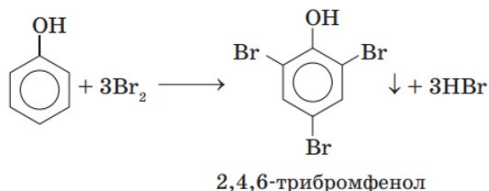


3) Образование простых эфиров фенолов:

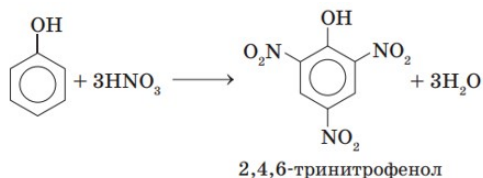


4) Реакции замещения:

А) Качественная реакция на фенол: бромирование (с бромной водой):



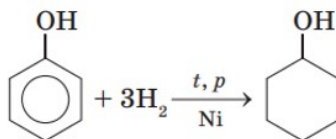
Б) С избытком  $\text{HNO}_3$ :



В) Реакция конденсации с формальдегидом. В результате реакции поликонденсации образуется высокомолекулярное соединение - фенолформальдегидная смола.

5) Окисление. Фенол легко окисляется даже  $\text{O}_2$ . Бесцветные кристаллы фенола окрашиваются на воздухе в розовый, а затем в малиново-красный цвет.

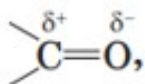
6) Восстановление:



7. Качественная реакция на фенол: с раствором  $\text{FeCl}_3$ .

### Карбонильные соединения

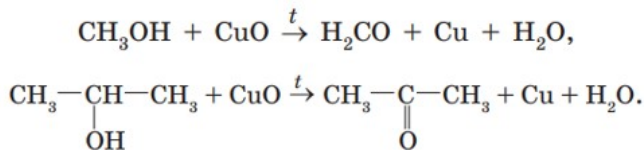
Соединения, которые содержат в своем составе карбонильную группу, соединённую с двумя радикалами:



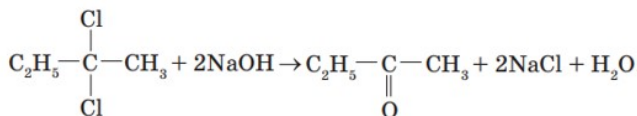
Общая формула:  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ .

### Получение:

1) Окисление спиртов  $\text{CuO}$  или хромовым ангидридом:

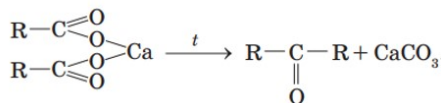


2) Щелочной гидролиз дигалогеналканов, в которых оба атома галогена расположены при одном и том же атоме углерода:

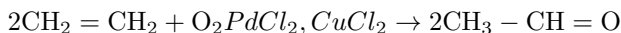


3) Реакция Кучерова: гидратация алкинов.

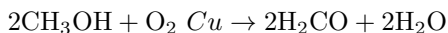
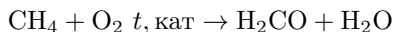
4) Пиролиз солей карбоновых кислот с двухвалентными металлами:



5) Ацетальдегид: окисление этилена кислородом:



6) Формальдегид: окисление  $\text{CH}_4$  или  $\text{CH}_3\text{OH}$ :



7) Ацетон: окисление кумола.

#### Физические свойства:

Низшие альдегиды и кетоны: растворяются в воде и полярных органических растворителях.

$\text{CH}_2\text{O}$ : газ с резким, едким запахом, 30–40%-й раствор в воде называют формалином. Ацетальдегид: легкокипящая жидкость с резким запахом, хорошо растворимая в воде.

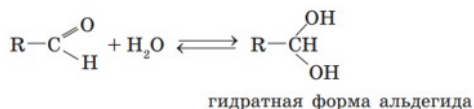
Высшие альдегиды: нерастворимые твёрдые вещества.

Ацетон: легкокипящая жидкость со специфическим запахом, смешивается с водой.

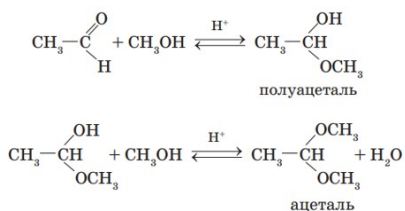
Химические свойства:

1) Присоединение по двойной связи CO:

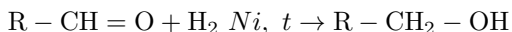
А) Гидратация:



Б) Присоединение спиртов:

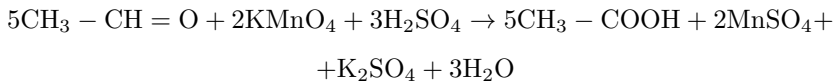


2) Восстановление. Альдегиды → первичные спирты, кетоны → вторичные:



3) Окисление. Альдегиды при окислении переходят в карбоновые кислоты или их соли:

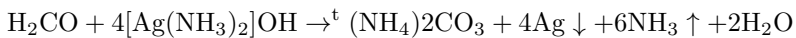
А) С подкисленным раствором  $\text{KMnO}_4$ :



Б) Качественная реакция на альдегиды - реакция «серебряного зеркала».

Это реакция восстановления серебра из аммиачного раствора оксида серебра. Свое название она получила из-за получающейся в результате реакции зеркальной поверхности:

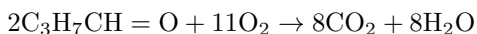




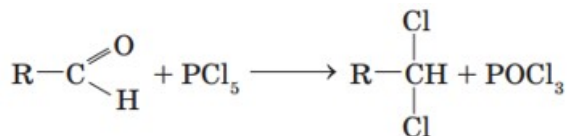
В) Качественная реакция на альдегиды с  $\text{CuO}$ :



Г) Горение:



4) Реакция с  $\text{PCl}_5$ :



5) Формальдегид реагирует с фенолом с образованием фенолформальдегидных смол.

### Карбоновые кислоты

Это производные углеводородов, содержат в своём составе карбоксильную группу  $-\text{COOH}$ .

### Физические свойства:

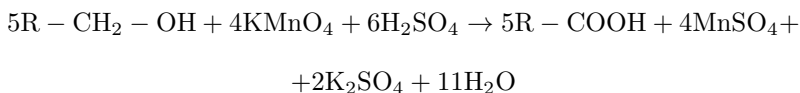
Низшие кислоты ( $\text{C}_1 - \text{C}_3$ ): бесцветные жидкости, обладают резким едким запахом, смешиваются с водой.

Масляная кислота: характерна ограниченная растворимость.

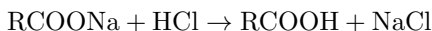
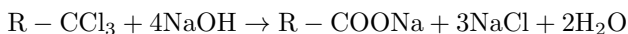
Высшие кислоты: твёрдые воскообразные вещества, нерастворимые в воде.

### Получение:

1) Окисление альдегидов и первичных спиртов подкисленным раствором  $\text{KMnO}_4$ :

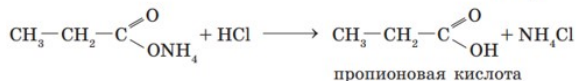
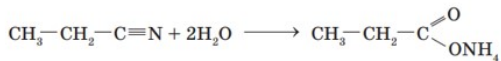
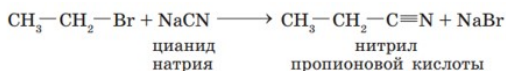


2) Гидролиз галогензамещённых углеводородов, содержащих три атома галогена у одного атома С:

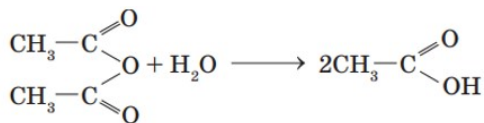


3) Гидролиз нитрилов и ангидридов:

А) Наращивание углеродной цепи на один атом:

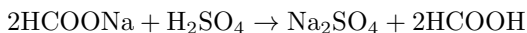
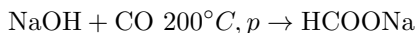


Б) гидролиз уксусного ангидрида:



4) Окисление алкенов и алкинов горячим подкисленным раствором  $\text{KMnO}_4$ .

5) Муравьиная кислота: в промышленности из угарного газа:



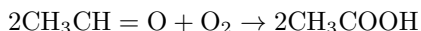
6) Щавелевая кислота: оксалат натрия + HCl:



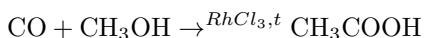
7) Уксусная кислота:

А) Возможен вариант получения из бутана

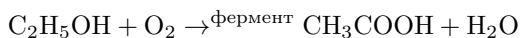
Б) Окисление ацетальдегида кислородом воздуха на марганцевом катализаторе:



В) Карбонилирование:



8) Пищевая уксусная кислота: окисление этилового спирта кислородом воздуха под действием микроорганизмов:



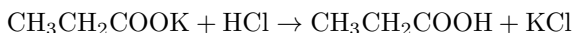
9) Бензойная кислота: окисление толуола подкисленным раствором  $\text{KMnO}_4$ .

### Химические свойства:

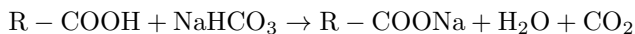
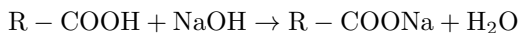
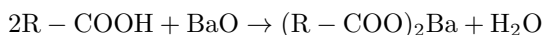
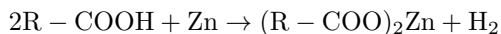
1) Слабые электролиты. Равновесие реакции диссоциации смещено влево:



Сильные минеральные кислоты вытесняют их из солей:

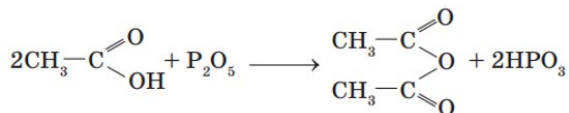


2) Проявляют все свойства кислот. Реагируют с активными металлами, основными оксидами, основаниями и солями слабых кислот:



3) Переход в ангидриды:



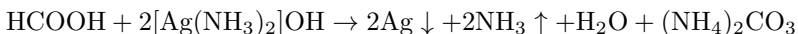


4) Этерификация со спиртами. Образуются сложные эфиры.

5) С фенолами не реагируют, сложные эфиры фенолов получают из спирта и хлорангидрида кислоты.

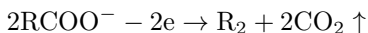
6) Окисление: помимо муравьиной и щавелевой не окисляются раствором  $\text{KMnO}_4$ .

А) Муравьиная кислота может быть окислена  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ :

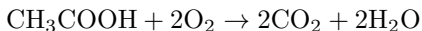


Б) Муравьиная кислота не восстанавливает гидроксид меди(II), а переводит его в соль — формиат меди(II)  $(\text{HCOO})_2\text{Cu}$ .

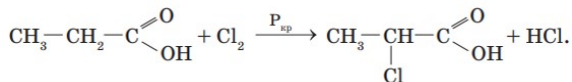
В) Окисление карбоксилат-ионов при электролизе растворов солей:



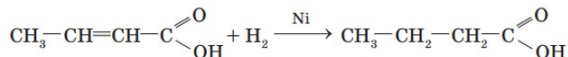
Г) Горение:



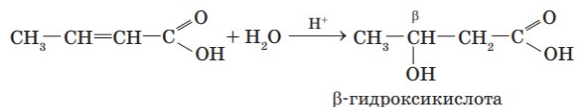
7) Галогенирование карбоновых кислот в присутствии красного фосфора:



8) Присоединение по двойной связи:

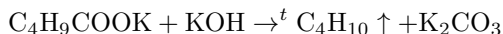


9) Присоединение галогеноводородов и воды (против правила Марковникова):



10) Восстановление до первичных спиртов обычными восстановителями не происходит. При действии сильных восстановителей ( $\text{LiAlH}_4$ ) на производные карбоновых кислот образуются спирты.

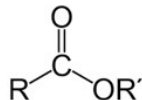
11) Декарбосилирование:



12) Прокаливание кальциевых или бариевых солей карбоновых кислот  $\rightarrow$  образование кетона и карбоната металла.

### Сложные эфиры

Производные карбоновых кислот, в молекулах которых атом водорода в карбоксильной группе замещён на углеводородный. Общая формула:



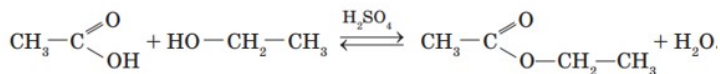
где R и R' — углеводородные радикалы.

### Физические свойства:

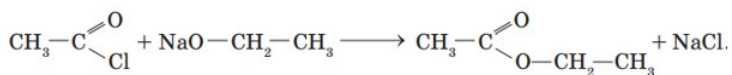
Сложные эфиры низших кислот и спиртов: бесцветные летучие жидкости с характерным приятным запахом, малорастворимые в воде.

### Получение:

1) Этерификация:

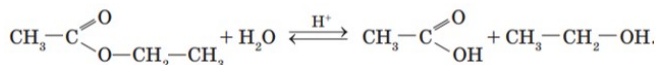


2) Реакция хлорангидридов карбоновых кислот с алкоголями щелочных металлов:

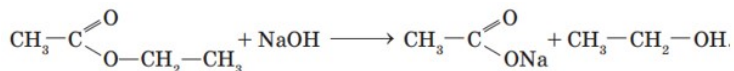


Химические свойства:

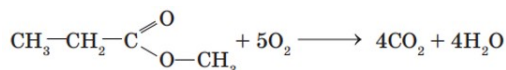
1. Гидролиз:



2. Необратимый гидролиз:

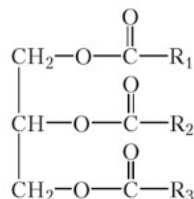


3. Горение:



Жиры (триглицериды)

Сложные эфиры, образованные трёхатомным атомным спиртом глицерином и высшими карбоновыми кислотами.



где  $\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$ ,  $\text{R}_3$  – радикалы высших жирных кислот.

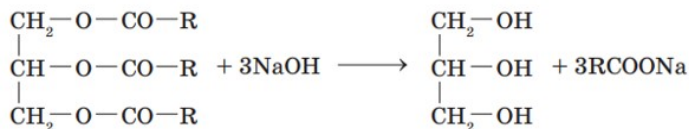
Физические свойства:

Нерастворимы в воде, хорошо растворимы в органических растворителях.

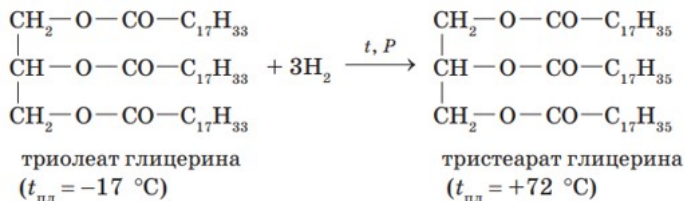
Жидкие жиры - масла.

### Химические свойства:

1. Гидролиз под действием воды в кислой (обратимо) или щелочной (необратимо, омыление) среде:



2) Гидрогенизация:



### Углеводы

Природные органические соединения, условно имеющие формулу  $\text{C}_m\text{H}_{2n}\text{O}_n$  ( $m, n \leq 3$ ).

Подразделяются на три группы:

1) Моносахариды - углеводы, которые не способны гидролизоваться с образованием более простых углеводов (глюкоза  $6_{126}$ , фруктоза  $6_{126}$ , рибоза  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ , дезоксирибоза  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_4$ , галактоза  $6_{126}$ ).

2) Дисахариды дают при гидролизе два моносахарида (сахароза, лактоза, мальтоза и целлюбиоза, все имеют формулу  $12_{2211}$ ), олигосахариды - несколько (три - трисахариды и т.д.).



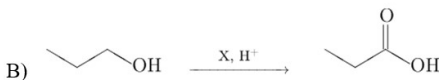
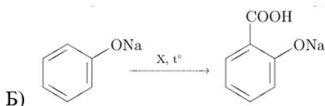
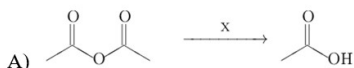


## Примеры заданий №15

### Задание 1

Установите соответствие между схемой реакции и веществом X, принимающим в ней участие: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

### СХЕМА РЕАКЦИИ



### ВЕЩЕСТВО X

1)CO<sub>2</sub> 2)CO 3)H<sub>2</sub>O 4)KOH 5)KMnO<sub>4</sub> 6)I<sub>2</sub>

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами


### Решение

Установим соответствие.

А. Уксусную кислоту можно получить из уксусного ангидрида при его взаимодействии с водой. (3)

Б. При нагревании фенолята натрия с углекислым газом образуется салицилат натрия. (1)

В. Пропионовую кислоту можно получить при окислении пропанола перманганатом калия в кислой среде. (5)

Г.Пропионат калия образуется при взаимодействии метилэтилкетона с иодом в щелочной среде. (6)

Ответ: 3156.

## Задание 2

Установите соответствие между веществом и возможным способом его получения: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

### ВЕЩЕСТВО

- А)этанол
- Б)уксусная кислота
- В)этиленгликоль
- Г)этаналь

### СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ

- 1)окисление бутена-2 перманганатом калия в кислой среде
- 2)щелочной гидролиз метилацетата
- 3)щелочной гидролиз 1,1-дихлорэтана
- 4)окисление этилена перманганатом калия в водной среде
- 5)термолиз ацетата кальция
- 6)восстановление ацетальдегида

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.


### Решение

А.Этанол образуется в результате восстановления ацетальдегида. (6)

Б.При окислении перманганатом калия в кислой среде бутена-2 рвется двойная связь. Образуются 2 молекулы уксусной кислоты. (1)

В.Диолы получают мягким окислением алкенов перманганатом калия в нейтральной среде. Продуктом является этиленгликоль, значит, способ получения- окисление этилена перманганатом калия в водной среде. (4)



Г.Этаналь можно получить щелочным гидролизом 1,1-дихлорэтана: водный раствор щёлочи отщепляет галогены и замещает их на гидроксильные группы, однако геминальные спирты неустойчивы и распадаются на соответствующее карбонильное соединение и воду.  
(3)

Ответ: 6143.

### Задание 3

Установите соответствие между реагирующими веществами и органическим продуктом, который образуется при их взаимодействии: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА

- А) 1,2,3-трихлорпропан и гидроксид калия
- Б) этилат натрия и хлорметан
- В) формиат кальция (нагревание)
- Г) пропаналь и гидроксид меди(II)

#### ПРОДУКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- 1) метилэтиловый эфир
- 2) пропион
- 3) глицерин
- 4) пропионовая кислота
- 5) метаналь
- 6) этилформиат

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.


### Решение

Установим соответствие:

А.Щелочной гидролиз 1,2,3-трихлорпропана приводит к замещению Cl- на гидроксильные группы, продуктом взаимодействия является пропантриол-1,2,3, или глицерин; (3)

Б.Взаимодействие этилата натрия с хлорметаном- реакция обмена, в ходе которой образуется метилэтиловый эфир и хлорид натрия;

(1)

В.Формиат кальция при нагревании разлагается на метаналь и карбонат кальция; (5)

Г.Взаимодействие альдегидов с гидроксидом меди(II) является качественной реакцией на данный класс органических соединений и приводит к образованию карбоновой кислоты. Пропаналь окисляется до пропионовой кислоты. (4)

Ответ: 3154.

## 15 Взаимосвязь углеводов, кислородсодержащих и азотсодержащих органических соединений

Для успешного решения задания №16 нужно понимать взаимосвязь углеводов, кислородсодержащих и азотсодержащих органических соединений.

Это пункт основывается на п. 11, п. 12 и п.14, отличается типом заданий. В данных заданиях обсуждается уже не одиночная реакция, а цепочка реакций, т.е. последовательные реакции: исходное вещество с первым реагентом при одних условиях, продукт реакции со вторым реагентом при других условиях и т.д.

### Примеры заданий №16

#### **Задание 1**

Задана схема превращений веществ:



Определите, какие из указанных веществ являются веществами X и Y.

- 1)  $CH_3CH_3$
- 2)  $CH_3CH_2CH_2CH_3$
- 3)  $CH_3CH_2CH_2OH$
- 4)  $CH_3CH_2CH=O$
- 5)  $CH_3CH_2COOCH_3$

Запишите в таблицу номера выбранных веществ под соответствующими буквами.


#### **Решение**

Пропионат натрия образуется при взаимодействии метилового эфира пропионовой кислоты с гидроксидом натрия. При электролизе раствора пропионата натрия образуется бутан.

Ответ: 52.

## Задание 2

Задана схема превращений веществ:



Определите, какие из указанных веществ являются веществами X и Y.

- 1) нитробензол
- 2) бромметан
- 3) ацетилен
- 4) этилен
- 5) бромбензол

Запишите в таблицу номера выбранных веществ под соответствующими буквами.

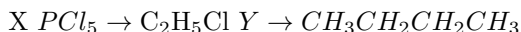

## Решение

Бензол из метана в две стадии можно получить дегидрированием метана до ацетилена, а затем тримеризацией ацетилена в каталитических условиях с образованием бензола. Толуол из бензола в две стадии можно получить электрофильным присоединением брома к бензолу с образованием бромбензола, а затем взаимодействием полученного бромбензола с хлорметаном и натрием, продуктом взаимодействия и будет являться толуол.

Ответ: 35.

## Задание 3

Задана схема превращений веществ:



Определите, какие из указанных веществ являются веществами X и Y.

- 1) Na
- 2) NaOH
- 3) C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>
- 4) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH
- 5) CH<sub>3</sub>COOH

Запишите в таблицу номера выбранных веществ под соответствующими буквами.



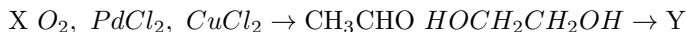
### Решение

Хлорид фосфора(V) является хлорирующим агентом, поэтому для получения этилхлорида необходимо добавить к этиловому спирту. Чтобы увеличить углеводородную цепь используется реакция Вюрца, которая заключается во взаимодействии 2-х молекул галогеналканов с натрием, в результате которой образуется более длинный углеводород и соль натрия.

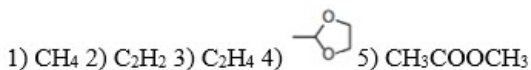
Ответ: 41.

### Задание 4

Задана схема превращений веществ:



Определите, какие из указанных веществ являются веществами X и Y.



Запишите в таблицу номера выбранных веществ под соответствующими буквами.



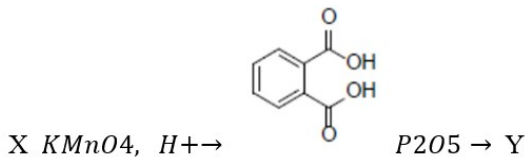
### Решение

Уксусный альдегид можно получить путем окисления этилена в присутствии катализаторов (3). При взаимодействии ацетальдегида с диолом получается циклический ацеталь (4).

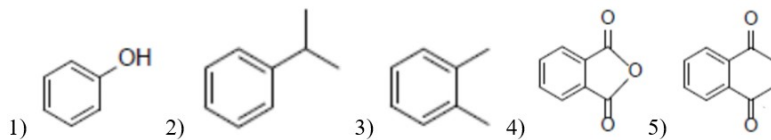
Ответ: 34.

### Задание 5

Задана следующая схема превращений веществ:



Определите, какие из указанных веществ являются веществами X и Y.



Запишите в таблицу номера выбранных веществ под соответствующими буквами.


### Решение

Фталевую (1,2-бензолдикарбоновую) кислоту можно получить путем окисления перманганатом калия в кислой среде 1,2-диметилбензола (3). Фталевая кислота при взаимодействии с оксидом фосфора(V) образует фталевый ангидрид (4).

Ответ: 34.

## 16 Классификация химических реакций в неорганической и органической химии

Для успешного решения задания №17 нужно понимать классификацию химических реакций в неорганической и органической химии.

### Классификация химических реакций

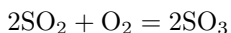
Классификация представлена на рисунке:



Как видно из рисунка, существует множество вариантов классифицировать реакции по тому или иному признаку. Давайте детальнее рассмотрим каждый из вариантов классификации.

### Классификация по числу и составу реагентов и продуктов

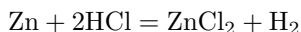
1) Реакции соединения – реакции, в результате которых из нескольких соединений образуется одно более сложное вещество.



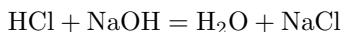
2) Реакции разложения – реакции, в результате которых из одного соединения образуется несколько соединений.



3) Реакции замещения – реакции простого вещества и сложного, в результате которой атомы простого вещества замещают один из элементов, входящий в состав сложного вещества.

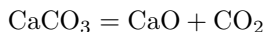


4) Реакции обмена – реакции между двумя сложными веществами, в результате которых молекулы сложных веществ обмениваются между собой своими составными частями

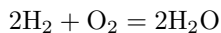


#### По изменению степеней окисления

1) Обменные – протекают без изменения степеней окисления:

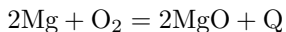


2) Окислительно-восстановительные – протекают с изменением степеней окисления



#### По тепловому эффекту

1) Экзотермические – реакции, в процессе которых энергия выделяется:

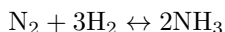


2) Эндотермические - реакции с поглощением энергии:



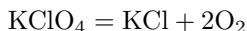
#### По признаку обратимости

1) Обратимые – реакции, протекающие как в прямом, так и в обратном направлениях. Например, синтезирование аммиака.



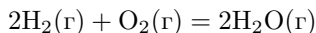


2) Необратимые – реакции, которые протекают только в прямом направлении.

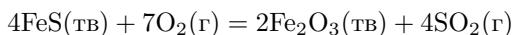


По агрегатному состоянию веществ

1) Гомогенные - протекают в одной фазе:



2) Гетерогенные - протекают на границе раздела фаз:



Примеры задания №17

### **Задание 1**

Из предложенного перечня выберите все реакции, которые происходят без изменения степеней окисления элементов. Запишите номера выбранных ответов в порядке возрастания.

1) взаимодействие фосфора со щёлочью 2) взаимодействие оксида фосфора(III) с разбавленной щёлочью 3) взаимодействие нитрида лития с водой 4) разложение нитрата свинца при прокаливании 5) разложение сульфида аммония при нагревании Запишите номера выбранных ответов в порядке возрастания.

### **Решение**

Рассмотрим предложенные взаимодействия:

1. Взаимодействие фосфора с щёлочью- реакция окислительно-восстановительная, с.о. меняются;
2. Взаимодействие оксида фосфора(III) с разбавленной щёлочью- реакция обмена, с.о. не меняются;
3. Взаимодействие нитрида лития с водой- реакция обмена, с.о. не меняются;
4. Разложение нитрата свинца при прокаливании- реакция окислительно-восстановительная, с.о. меняются;
5. Разложение сульфида аммония при нагревании- с.о. не меняются.

Ответ: 235.

## **Задание 2**

Из предложенного перечня выберите все типы реакций, к которым можно отнести взаимодействие водорода с хлором.

- 1) гомогенная реакция
- 2) реакция замещения
- 3) экзотермическая реакция
- 4) реакция нейтрализации
- 5) окислительно-восстановительная реакция

Запишите номера выбранных ответов в порядке возрастания.

## **Решение**

Взаимодействие водорода с хлором относится к реакциям гомогенным, экзотермическим и окислительно-восстановительным.

Ответ: 135.

## 17 Скорость реакции, её зависимость от различных факторов

Для успешного решения задания №18 нужно понимать, что такое скорость реакции, её зависимость от различных факторов.

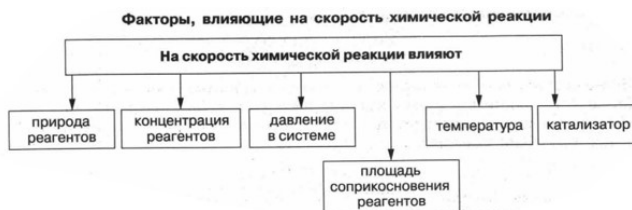
Для того, чтобы добиться нужного эффекта от реакции, нужно уметь ее контролировать. Наиболее важной характеристикой реакции является ее скорость. В зависимости от скорости реакции мы можем просчитать, в какой момент нужно ее прервать, чтобы не произошло необратимого преобразования.

Скорость реакции - число элементарных актов химической реакции в единицу времени в единице объёма (для гомогенных реакций) или на единице поверхности (для гетерогенных).

Скорость гомогенной химической реакции - изменение концентрации реагирующих веществ в единицу времени:

$$\nu = \frac{|\Delta C|}{\Delta t}, \left[ \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}} \right]$$

На скорость влияют различные факторы, которые представлены на рисунке:



### 1) Природа реагентов

Природа реагента определяется строением атомов, молекул и ионов, из которых оно состоит. Зависит от вида химических связей, взаимного влияния атомов в веществе, типа кристаллической решётки, определяет химическую активность.

## 2) Концентрация реагентов

Закон действующих масс Гульдберга и Вааге: Увеличение концентрации реагентов приводит к увеличению скорости реакции. Чем больше концентрация реагентов, тем больше их молекул в единице объёма, тем больше вероятность столкновения молекул.

Для реакций, протекающих в газовой фазе, на скорость влияет давление в системе. Чем выше давление, тем больше скорость реакции. В случае гетерогенных процессов скорость зависит от площади соприкосновения реагентов: чем сильнее измельчены вещества, чем больше площадь соприкосновения, тем больше скорость реакции.

## 3) Температура

Чем выше температура, тем больше скорость химических реакций. Благодаря исследователю Якобу Хендрику Вант-Гоффу было эмпирически выведено общее правило зависимости скорости реакции от температуры:

Правило Вант-Гоффа: при нагревании на  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  скорость большинства химических реакций возрастает в 2-4 раза. При нагревании увеличивается доля «активных молекул», т. е. молекул, столкновение которых приводит к образованию продуктов реакции.

## 4) Наличие катализатора или ингибитора

Катализатор - вещество, которое ускоряет химическую реакцию, но при этом остается неизменным после окончания реакции. Действие катализатора основано на его непосредственном участии в реакции.

Ингибитор - вещество, замедляющее реакцию.

## Примеры задания №18

### **Задание 1**

Укажите все факторы, от которых зависит скорость реакции порошка диоксида марганца с концентрированной соляной кислотой

1) давление хлора над раствором 2) форма реакционного сосуда 3) рН в растворе кислоты 4) степень измельчения порошка 5) температура

### Решение

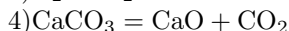
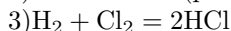
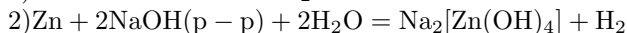
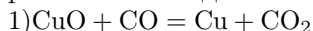
Факторы влияющие на скорость реакции:

- температура (с увеличением температуры увеличивается скорость реакции);
- концентрация реагентов (с увеличением концентрации реагентов увеличивается скорость реакции);
- площадь соприкосновения реагентов (для гетерогенных реакций);
- давление (при наличии газообразных реагентов— повышение давления повышает концентрацию газообразных веществ);
- катализатор (увеличивает скорость реакции). Из предложенных вариантов, скорость реакции зависит от рН в растворе кислоты (концентрации реагента— ионов водорода), степени измельчения порошка, а также от температуры.

Ответ: 345.

### Задание 2

Из предложенного перечня выберите все реакции, скорость которых зависит от давления.



Запишите номера выбранных ответов в порядке возрастания.

### Решение

Изменение давления влияет на скорость реакции, если в системе присутствует хотя бы один газообразный реагент. Из предложенного перечня газообразные реагенты присутствуют в системах 1 (CO), 3 (H<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>), 5 (Cl<sub>2</sub>).

Ответ: 135.

### Задание 3

Из предложенного перечня выберите все реакции, скорость которых зависит от давления кислорода.

- 1)  $2H_2 + O_2 = 2H_2O$
- 2)  $C + O_2 = CO_2$
- 3)  $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$
- 4)  $2Ag_2O = 4Ag + O_2$
- 5)  $2Na_2SO_3 + O_2 = 2Na_2SO_4$

Запишите номера выбранных ответов в порядке возрастания.

Факторы влияющие на скорость реакции:

- температура (с увеличением температуры увеличивается скорость реакции);
- концентрация реагентов (с увеличением концентрации реагентов увеличивается скорость реакции);
- площадь соприкосновения реагентов (для гетерогенных реакций);
- давление (при наличии газообразных реагентов— повышение давления повышает концентрацию газообразных веществ);
- катализатор (увеличивает скорость реакции).

Изменение концентрации реагента (кислорода) способствует изменению скорости реакций 1, 2 и 5. В реакциях 3 и 4 кислород является продуктом реакции.

Ответ: 125.

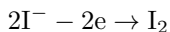
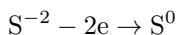
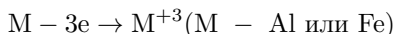
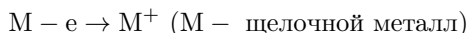
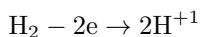
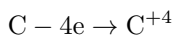
## 18 Окислительно-восстановительные реакции

Для успешного решения задания №19 нужно владеть теорией по теме «окислительно-восстановительные реакции».

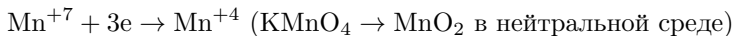
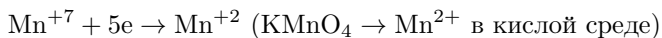
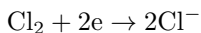
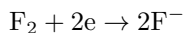
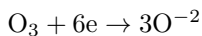
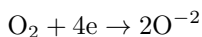
Окислительно-восстановительные реакции - реакции с изменением степеней окисления атомов, входящих в состав молекул реагирующих веществ.

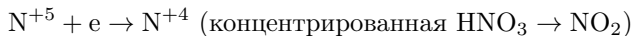
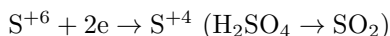
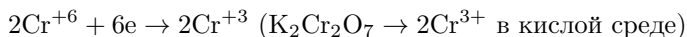
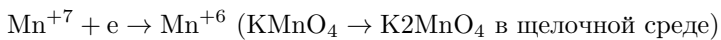
Она состоит из двух процессов (полуреакций): окисления и восстановления.

Окисление - отдача электронов атомом, молекулой или ионом, добавление атомов кислорода:



Восстановление – присоединение электронов атомом, молекулой или ионом, потеря кислорода:

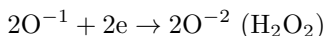




реакции со слабыми восстановителями)



реакции с сильными восстановителями)



Окислитель - вещество, в состав которого входят атомы, понижающие свою степень окисления. Принимая электроны от восстановителя, окислитель восстанавливается. Отдает атомы кислорода или принимает атомы водорода. Примеры окислителей представлены в таблице:

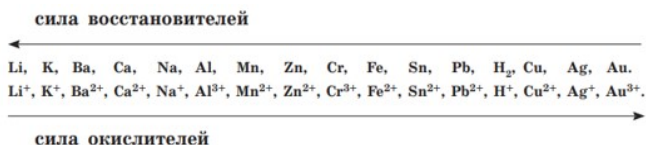
Класс соединений	Вещества-окислители
Простые вещества	$\text{O}_2$ , $\text{O}_3$ , галогены $\text{F}_2$ , $\text{Cl}_2$ , $\text{Br}_2$ ( $\text{I}_2$ — слабый окислитель)
Оксиды	$\text{MnO}_2$ , $\text{CrO}_3$ , $\text{PbO}_2$ , $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{NO}_2$
Кислоты	$\text{H}_2\text{SO}_4$ (только концентрированная), $\text{HNO}_3$ , $\text{HClO}$ , $\text{HClO}_4$ (конц)
Соли	$\text{KMnO}_4$ (в кислой среде), $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (в кислой среде), $\text{KClO}_3$ , $\text{CaOCl}_2$ (хлорная известь), $\text{NaNO}_2$ (в кислой среде)
Пероксиды и надпероксиды	$\text{H}_2\text{O}_2$ , $\text{Na}_2\text{O}_2$ , $\text{KO}_2$

Восстановитель - вещество, в состав которого входят атомы, повышающие свою степень окисления. Отдавая электроны окислителю, восстановитель окисляется. Принимает атомы кислорода или отдает атомы водорода. Примеры восстановителей представлены в таблице:



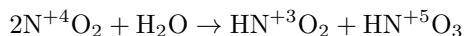
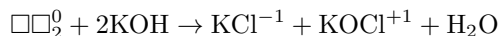
Класс соединений	Вещества-восстановители
Простые вещества	щелочные металлы: Li, Na, K металлы IIА группы: Mg, Ca, Sr, Ba алюминий Al водород H <sub>2</sub> углерод C
Оксиды	CO
Соли	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S, KI, FeCl <sub>2</sub> , SnCl <sub>2</sub>
Водородные соединения неметаллов	HI, H <sub>2</sub> S, PH <sub>3</sub> , NH <sub>3</sub> (в газовой фазе)
Гидриды металлов	NaN, CaH <sub>2</sub>

Восстановительная активность металлов и окислительная способность их ионов в водном растворе оцениваются с помощью ряда напряжений металлов (стандартных электродных потенциалов металлов):



1. Чем левее расположен металл, тем больше его восстановительная способность и меньше окислительная способность его иона в растворе.
2. Металл способен вытеснить из растворов солей те металлы, которые правее в ряду напряжений.
3. Металлы левее H<sub>2</sub> вытесняют его из растворов кислот.
4. Металлы левее Mn вытесняют водород из воды.

Диспропорционирование - реакции, в которых один и тот же элемент является и окислителем, и восстановителем:

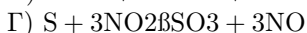
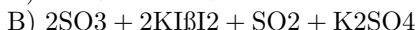
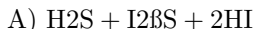


Примеры задания №19

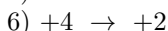
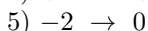
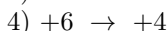
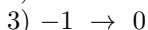
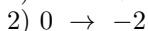
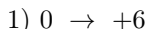
### Задание 1

Установите соответствие между уравнением реакции и изменением степени окисления восстановителя в данной реакции: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ



#### ИЗМЕНЕНИЕ СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЯ



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


#### Решение

Установим соответствие.

А) восстановитель сера, изменение степени окисления соответствует варианту 5.

Б) восстановитель йод, изменение степени окисления соответствует варианту 3.

В) восстановитель йод, изменение степени окисления соответствует варианту 3.

Г) восстановитель сера, изменение степени окисления соответствует варианту 1.

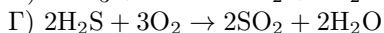
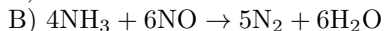
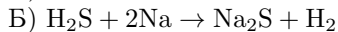
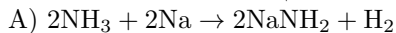
Ответ: 5331.

#### Задание 2

Установите соответствие между уравнением реакции и формулой

вещества, являющегося окислителем в данной реакции: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ



#### ОКИСЛИТЕЛЬ

1)NO 2)H<sub>2</sub>S 3)O<sub>2</sub> 4)NH<sub>3</sub> 5)Na

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


#### Решение

Окислитель принимает электроны и понижает свою степень окисления.

А) Аммиак (за счёт водорода в степени окисления +1).

Б) Сероводород (за счёт водорода в степени окисления +1).

В) Оксид азота(II) (за счёт азота в степени окисления +2).

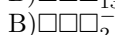
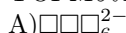
Г) Кислород.

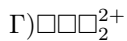
Ответ: 4213.

#### Задание 3

Установите соответствие между формулой заряженной частицы и степенью окисления хрома в ней: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### ФОРМУЛА ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ





СТЕПЕНЬ ОКИСЛЕНИЯ ХРОМА

$$1) + 1 \ 2) + 2 \ 3) + 3 \ 4) + 4 \ 5) + 5 \ 6) + 6$$

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


**Решение**

Кислород имеет степень окисления «2», фтор «1». Сумма степеней окисления атомов должна быть равна заряду ионов.

Ответ: 4636.

## 19 Электролиз расплавов и растворов

Для успешного решения задания №20 нужно владеть теорией по теме «электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей, кислот)».

Электролиз — это окислительно-восстановительная реакция, который происходит на электродах только при участии электрического тока, проходящего через раствор или расплав электролита. Полу-реакции разделены в пространстве.

Катод имеет отрицательный заряд - притягиваются положительные ионы (катионы). Частицы на катоде принимают электроны (окислители).

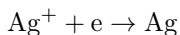
Анод имеет положительный заряд - на нём реагируют отрицательно заряженные ионы (анионы) и вода. Частицы отдают электроны (восстановители).

Суммарное уравнение реакции составляется из уравнений полуреакций на катоде и аноде.

В водном растворе:

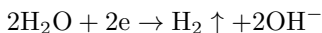
Процессы на катоде:

1. Металл стоит в ряду напряжений правее водорода → на катоде восстанавливаются ионы металла → металл выделяется в свободном виде:



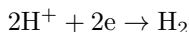
2. В растворе есть несколько таких катионов → первым выделяется металл, стоящий в ряду напряжений правее всего.

3. Металл стоит в ряду напряжений левее Al или это Al → на катоде восстанавливается вода с выделением H<sub>2</sub>:

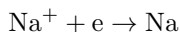


4. Активные металлы → не могут выделиться на катоде в водном растворе.

5. Сильные кислоты: выделение  $H_2$  при электролизе (окислитель –  $H^+$ ):



6. Расплавы солей или оксидов металлов: только катионы металлов → на катоде можно получить любой металл:



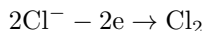
7. Металл стоит в ряду напряжений правее Al и левее H → на катоде могут одновременно выделяться металл и  $H_2$ .

На аноде:

Процессы определяются материалом анода:

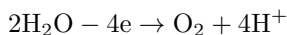
1. Инертный, нерастворимый, анод ( $C_{(графит)}$ , Pt):

А) Ионы кислотного остатка не содержат атомов O → они окисляются:

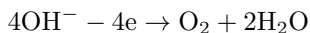


Исключение: ионы  $F^-$ , в водном растворе не окисляются.

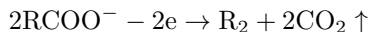
Б) Ионы кислотного остатка содержат атомы O ( $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ) → окисляется  $H_2O$  (с выделением  $H_2$ ):



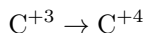
В) Электролиз растворов щелочей → выделение  $O_2$ , окисляются гидроксид-ионы:



Г) Электролизе солей карбоновых кислот → окисление анионов кислотного остатка:



Д) Окисление атомов C карбоксильной группы:

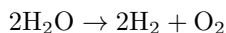


2. Растворимый анод (Cu, Ni):

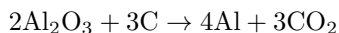
Происходит окисление материала анода → металл переходит в раствор в виде ионов, а анионы в растворе не изменяются.

Электролиз растворов солей с растворимым анодом → окисление материала анода (растворение) → перенос металла с анода на катод.

3. Электролиз водных растворов сильных кислородсодержащих кислот ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ), щелочей и солей активного металла и кислородсодержащей кислоты → выделение  $\text{H}_2$  на катоде,  $\text{O}_2$  на аноде → разложение  $\text{H}_2\text{O}$  при неизменном количестве вещества в растворе:



4. Для получения активных металлов → электролиз расплава солей или оксидов:



### Примеры задания №20

#### **Задание 1**

Установите соответствие между формулой вещества и продуктом(-ами) электролиза водного раствора этого вещества, образовавшим(-и)ся на инертном аноде: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### **ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА**

A)  $\text{AgNO}_3$

B)  $\text{CaCl}_2$

B)  $\text{CH}_3\text{COONa}$

#### **ПРОДУКТ(Ы) НА АНОДЕ**

1) кислород

2) галоген

3) диоксид азота

4) углекислый газ и углеводород

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.


### Решение

В случае электролиза растворов, порядок разрядки на аноде:

Бескислородные анионы кроме фтора разряжаются до чистого неметалла, органические анионы - до углекислого газа и удвоенного оставшегося органического скелета. Фтор и кислородсодержащие анионы не разряжаются, образуется кислород.

Установим соответствие.

А. При электролизе раствора нитрата серебра(I) на аноде выделяется кислород(1);

Б. При электролизе раствора хлорида кальция на аноде выделяется хлор(2);

В. При электролизе раствора ацетата натрия на аноде выделяются углекислый газ и этан(4).

Ответ: 124.

### Задание 2

Установите соответствие между формулой вещества и продуктами электролиза водного раствора этого вещества, образовавшимися на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА

- А)  $\text{CaCl}_2$
- Б)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
- В)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$
- Г)  $\text{CuF}_2$

#### ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА

- 1)  $\text{Cu}$ ,  $\text{O}_2$
- 2)  $\text{H}_2$ ,  $\text{F}_2$
- 3)  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$
- 4)  $\text{H}_2$ ,  $\text{Cl}_2$
- 5)  $\text{Al}$ ,  $\text{O}_2$



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


### Решение

На катоде, в первую очередь, разряжаются металлы стоящие в электрохимическом ряду напряжений металлов правее водорода, включая сам водород. Во вторую очередь, разряжаются металлы от алюминия до водорода, это также дополнительно сопровождается выделением водорода. Металлы левее алюминия, включая его самого, не разряжаются, выделяется лишь водород.

На аноде разряжаются только сульфиды и галогениды, кроме фторидов, остальные кислотные остатки на аноде дают лишь кислород. Таким образом, в случае А) имеем водород на катоде и хлор на аноде, в случае Б)- водород на катоде и кислород на аноде, в случае В)- водород на катоде и кислород на аноде, в случае Г)- медь на катоде и кислород на аноде.

Ответ: 4331.

### Задание 3

Установите соответствие между формулой вещества и продуктом, образующимся на катоде при электролизе её водного раствора: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

#### ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА

- А)  $\text{AgNO}_3$
- Б)  $\text{NaCl}$
- В)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
- Г)  $\text{NaOH}$

#### ПРОДУКТ НА КАТОДЕ

- 1)  $\text{H}_2$  2)  $\text{O}_2$  3)  $\text{Cl}_2$  4)  $\text{Cu}$  5)  $\text{Na}$  6)  $\text{Ag}$

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


## Решение

При электролизе водных растворов солей на катоде выделяется:

- водород, если это соль металла, стоящего в ряду напряжений металлов левее алюминия (включая алюминий);
- металл, если это соль металла, стоящего в ряду напряжений металлов правее водорода;
- металл и водород, если это соль металла, стоящего в ряду напряжений металлов между алюминием и водородом.

Таким образом, ответы будут следующими:

А)  $\text{AgNO}_3$  — 6)Ag;

Б)  $\text{NaCl}$  — 1)H<sub>2</sub>;

В)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  — 4)Cu;

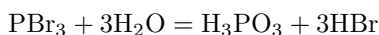
Г)  $\text{NaOH}$  — 1)H<sub>2</sub>;

Ответ: 6141.

## 20 Гидролиз солей

Для успешного решения задания №21 нужно владеть теорией по теме «гидролиз солей. Среда водных растворов: кислая, нейтральная, щелочная».

Гидролиз - реакция обмена между веществом и водой. Многие вещества, например бинарные соединения, полностью разрушаются при взаимодействии с водой:

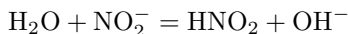


Реакции протекают необратимо и в одну стадию. Соли также могут гидролизываться. Но большинство солей реагируют с водой обратимо.

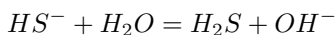
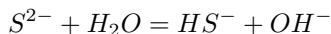
Гидролиз соли - взаимодействие ионов соли с водой, приводящее к образованию слабого электролита и изменению среды раствора.

Соли, которые образованы сильной кислотой и сильным основанием (например NaCl), не подвергаются гидролизу, ионы соли с молекулами воды не образуют слабых электролитов. Среда растворов таких солей нейтральная.

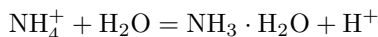
Соли, образованные слабой кислотой и сильным основанием, гидролизуются по аниону:



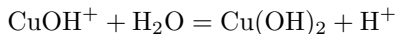
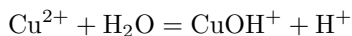
В результате накопления в растворе гидроксид-ионов среда раствора становится щелочной. Взаимодействие с водой многозарядных анионов протекает ступенчато, например. Гидролиз подобных солей протекает главным образом по первой стадии:



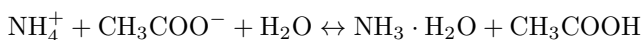
Соли, образованные сильной кислотой и слабым основанием, гидролизуются по катиону:



В результате гидролиза в растворе накапливаются ионы  $\text{H}^+$ , среда становится кислотной. Взаимодействие с водой многозарядных катионов протекает ступенчато, гидролиз протекает главным образом по первой стадии:



Гидролиз солей, образованных слабой кислотой и слабым основанием, идёт и по катиону, и по аниону:

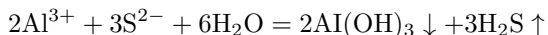


Образуются два слабых электролита, гидролиз глубокий. Реакция среды в растворах таких солей определяется взаимной силой образующихся кислоты и основания.

Иногда гидролиз подобных солей протекает практически необратимо, т. е. до конца, например:



Тогда оба продукта гидролиза уходят из сферы реакции, делая процесс гидролиза практически необратимым. По этой причине не существуют такие соли, как карбонаты трёхвалентных алюминия, железа, хрома. В результате совместного гидролиза сразу же выпадает осадок гидроксида алюминия и выделяется сероводород:



Степень гидролиза, также как и степень электролитической диссоциации электролита, увеличивается с ростом температуры и с увеличением степени разбавления раствора соли.

### Примеры задания №21

#### **Задание 1**

Для веществ, приведённых в перечне, определите характер среды их водных растворов, имеющих одинаковую концентрацию (моль/л).

- 1) перхлорат натрия
- 2) хлорид алюминия
- 3) силикат калия
- 4) карбонат калия

Запишите номера веществ в порядке возрастания значения рН их водных растворов.

Для выполнения используйте следующие справочные данные:

Концентрация (молярная, моль/л) показывает отношение количества растворённого вещества ( $n$ ) к объёму раствора ( $V$ ).

рН («пэ аш») — водородный показатель; величина, которая отражает концентрацию ионов водорода в растворе и используется для характеристики кислотности среды.

### Шкала рН водных растворов электролитов



### Решение

Хлорид алюминия — соль, образованная слабым основанием и сильной кислотой, поэтому гидролизуеться по катиону, среда слабокислая. Перхлорат натрия является солью, образованной сильным основанием и сильной кислотой, не гидролизуеться, среда нейтральная. Водный раствор силиката калия дает слабощелочную среду, так как это соль, образованная сильным основанием и слабой кислотой, гидролизуеться по аниону. Карбонат калия также образован сильным основанием и слабой кислотой, однако угольная кислота сильнее кремниевой, и поэтому среда раствора будет более кислая, чем в случае с силикатом калия.

Ответ: 2143

### Список рекомендуемой литературы:

1. Н.Е. Кузьменко, В.В. Еремин, В.А. Попков. «Начала химии для поступающих в ВУЗ-ы», 2016
2. Спецификация контрольных измерительных материалов для проведения в 2023 году единого государственного экзамена по ХИМИИ. Подготовлена федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Федеральный институт педагогических измерений». Утверждена директором ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений» О.А.Решетниковым, Согласована председателем Научно-методического совета ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений» А.Г. Мажуга
3. Кодификатор проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по ХИМИИ. Подготовлена федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Федеральный институт педагогических измерений». Утверждена директором ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений» О.А.Решетниковым, Согласована председателем Научно-методического совета ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений» А.Г. Мажуга
4. Д.Ю. Добротин. «Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2022 года по химии».
5. А.А. Коверина, Ю.Н. Медведев, Г.Н. Молчанова, Н.В. Свириденкова, М.Г. Снастина, С. В. Стаханова. «Курс самоподготовки. Технология решения заданий. Теория. Практика. Ключи и ответы», 2018
6. С. Т. Тюга, Ю.В. Исаенко. «ЕГЭ. Супермобильный справочник. Химия», 2019
7. В. В. Еремин, Р. Л. Антипин, А. А. Дроздов, Е. В. Карпова, О. Н. Рыжова. «Химия. Углубленный курс подготовки к ЕГЭ», 2020

